

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOANA CLOSS FONSECA

**FATORES DE RISCO NA IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO DE FÁBRICA
DIGITAL – UM ESTUDO DE CASO EM UMA ORGANIZAÇÃO MULTINACIONAL
DO SETOR AUTOMOTIVO**

CURITIBA

2013

JOANA CLOSS FONSECA

**FATORES DE RISCO NA IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO DE FÁBRICA
DIGITAL – UM ESTUDO DE CASO EM UMA ORGANIZAÇÃO MULTINACIONAL
DO SETOR AUTOMOTIVO**

Projeto de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Tecnologia e Inovação, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Izabel Cristina Zattar

CURITIBA

2013

Fonseca, Joana Closs

Fatores de risco na implementação de um projeto de fábrica digital – um estudo de caso em uma organização multinacional do setor automotivo / Joana Closs Fonseca. – Curitiba, 2013.

166 f. : il., graf.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Orientadora: Izabel Cristina Zattar

1. Fábricas – Projeto e construção. 2. Projetos – Fatores de risco. 3. Administração da produção. I. Zattar, Izabel Cristina. II. Título.

CDD 670.4275



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

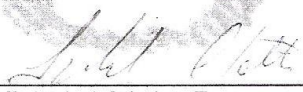
Setor de Tecnologia

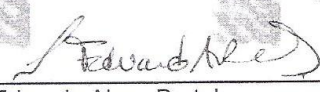
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção


ATA DA 14 DEFESA PUBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

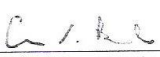
Aos **seis de março de 2013**, no **Auditório do CESEC** da Universidade Federal do Paraná, foi instalada pela Professora **Izabel Cristina Zattar** a Banca Examinadora para a Defesa da Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Área de Concentração Tecnologia e Inovação. A banca examinadora, atendendo determinação do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, ficou constituída pelos professores: **Eduardo Alves Portela (PPGEPS - PUCPR)**, **Volmir Eugênio Wilhelm (PPGEP-UFPR)**, **Cicero Aparecido Bezerra (PPGEP-UFPR)** e **Izabel Cristina Zattar (PPGEP-UFPR)**, orientadora, a quem coube à presidência dos trabalhos. Às **09h30m** a banca iniciou seus trabalhos, convidando a candidata **Joana Closs Fonseca** a fazer a apresentação do projeto intitulado "**Fatores de Risco na Implementação de um Projeto de Fábrica Digital – Um Estudo de Caso em uma Organização Multinacional do Setor Automotivo**". Encerrada a apresentação, iniciou-se a fase de arguição pelos membros participantes da banca. Após a arguição, a banca reuniu-se para apreciação do desempenho da candidata. A banca considerou que a candidata fez uma apresentação com a necessária concisão e que a dissertação apresenta contribuição à área de estudos, estrutura e redação adequados, resultando em plena e satisfatória compreensão dos objetivos pretendidos. Tendo em vista a dissertação e a arguição, a banca decidiu pela sua aprovação.

Curitiba, 06 de março de 2013.


Prof.^a Izabel Cristina Zattar
Presidente


Prof. Eduardo Alves Portela


Prof. Volmir Eugênio Wilhelm


Prof. Cicero Aparecido Bezerra

Aos meus pais, José Antonio e Maria Salete,
por todo amor, educação e valores ensinados.

A minha irmã, Karla Closs Fonseca,
pela dedicação, apoio e motivação.

E em memória de meu avô, João Closs, por sempre pregar
a importância da educação em minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Professora Izabel Cristina Zattar por acreditar em minhas ideias e convicções, sempre estimulando o meu potencial criativo e por realizar uma excelente orientação.

Ao professor Eduardo Alves Portela pela amizade e constante troca de ideias e conhecimento.

Ao professor Cícero Bezerra pela compreensão da importância acerca do meu trabalho e por contribuições fundamentais para o desenvolvimento do estudo de caso e análise do mesmo.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos que tornou possível a realização deste mestrado.

À empresa onde o estudo de caso foi realizado que conhece na prática as dificuldades pertinentes à implementação da Fábrica Digital e que se apresentou aberta a compartilhar suas experiências com a sociedade. A todos que participaram da entrevista e questionário pela receptividade e colaboração prestativa.

À minha família, que me deu força capaz de amenizar as dificuldades presentes neste período através de conselhos e alegrias.

Os meus sinceros agradecimentos à Karla Closs Fonseca, minha irmã e companheira de todas as horas, pela contribuição na correção do meu trabalho e pelo apoio incondicional em todos os momentos.

Aos amigos, pela amizade, conselhos e celebrações a cada vitória desta etapa da minha vida.

A Deus por me conceder a cada dia uma página da vida.

“Nossa loucura é a mais sensata das emoções.
Tudo o que fazemos deixamos como exemplo para os que
sonham um dia serem assim como nós: loucos, mas felizes!”

(Mario Quintana)

RESUMO

A Fábrica Digital (FD) é definida como um sistema integrado que possibilita melhorias nas áreas de Engenharia de Produto e Processos. Por meio da aplicação da simulação computacional, considerada tecnologia chave da FD, é possível avaliar, através de modelos virtuais, a melhor alternativa para a obtenção da solução desejada. A sua aplicação é ampla, podendo ser inserida nos processos de desenvolvimento, teste e otimização do produto, desenvolvimento e otimização dos processos produtivos, projeto e melhoria da planta, planejamento e controle das operações e no treinamento de funcionários. Dentre os benefícios proporcionados pela implementação da FD em uma organização encontram-se a redução de diversos riscos referentes a inovações em produtos e processos por meio da avaliação realizada a partir de simulações, otimização do sistema real através da melhoria de indicadores, redução de custos proporcionada através de melhorias no processo, economia de custos através do desenvolvimento de processos mais enxutos, redução do tempo de lançamento de novos produtos, proporcionada pelo desenvolvimento simultâneo do produto, melhoria em processos críticos ergonomicamente e facilidade na troca e disseminação do conhecimento. A implantação de um sistema como este, entretanto, é muitas vezes complexa, apresentando diversos fatores que podem até mesmo inviabilizar sua realização. Estes fatores são tratados como fatores de risco de um projeto de FD. Neste contexto, este trabalho tem como finalidade a identificação, seleção e priorização, por meio de uma revisão bibliográfica e realização de um estudo de caso, dos diversos fatores de risco que impactam na implantação da FD em uma organização multinacional do setor automotivo. O estudo traz como principais contribuições uma revisão bibliográfica com conceitos-chaves acerca de FD e gerenciamento de projetos, em que se busca disseminar conceitos acerca dos referidos assuntos e também os fatores de riscos selecionados e priorizados, os quais impactam na implantação de um projeto de Fábrica Digital, e que poderão vir a contribuir em melhorias relacionadas a futuros projetos, e reflexões para o avanço tecnológico e disseminação de práticas de FD.

Palavras-chave: Fábrica Digital, Gerenciamento de Projetos, Fatores de Risco.

ABSTRACT

The Digital Factory (DF) is defined as an integrated system that enables improvements in the areas of Product and Processes Engineering. Through the application of computer simulation, considered the key technology of the DF, it is possible to evaluate, by virtual models, the best alternative for obtaining the desired solution. Its application is large and can be inserted into the processes of development, testing and optimization of the product, development and optimization of production processes, improvement of plant design, planning and control of operations and employee training. Among the benefits provided by the implementation of the FD in an organization are the reduction of various risks related to innovations in products and processes through the evaluations of the simulations, system optimization through real indicators of improvement, cost savings provided through process improvements, cost avoids by developing more lean processes, reduction in the time to market new products, provided by the concurrent development of product, improvement of ergonomically critical processes and facility in the exchange and dissemination of knowledge. The implantation of such a system, however, is often complex presenting many factors that can even make impracticable its realization. These factors are treated as risk factors for a DF project. In this context, this work aims to provide the identification, selection and prioritization, through a literature review and conducting a case study, of the various risk factors that impact on the implantation of a DF project in a multinational organization in the automotive sector. The study provides as major contributions, a literature review about the key concepts of the DF and project management, in which it seeks to disseminate concepts about these issues and also the risk selected and prioritized factors, that impact on the implementation of a Digital Factory project, and that may contribute to improvements on related future projects, and reflections for technological advancement and dissemination practices.

Keywords: Digital Factory, Project Management, Risk factors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estrutura do referencial teórico	26
Figura 2.2 - Exemplos de modelos da Fábrica Digital	29
Figura 2.3 - Fábrica Digital integra Fábricas Virtual e Real	30
Figura 2.4 - Fábrica Digital: benefício e esforço	32
Figura 2.5 - Fábricas se tornam digitais	34
Figura 2.6 - O desenho integrado do conceito de Fábrica Digital e gerenciamento do ciclo de vida do produto	38
Figura 2.7 - Várias formas de simulação na Manufatura Digital	39
Figura 2.8 - A peça e seu possível desenho	44
Figura 2.9 - A simulação por elementos finitos nos permite otimizar o projeto final ..	45
Figura 2.10 - <i>Layout</i> produtivo em 3D	49
Figura 2.11 - Simulação de uma célula robotizada	52
Figura 2.12 - Utilização do sistema <i>motion caption</i> para a captação de movimentos humanos.....	53
Figura 2.13 – Nível típico de custos e pessoal ao longo do seu ciclo de vida	56
Figura 2.14 - Impacto da variável com base no tempo decorrido do projeto.....	57
Figura 2.15 – Organização projetada	58
Figura 2.16 – Resumo do gerenciamento de riscos do projeto	62
Figura 2.17– Exemplo de uma estrutura analítica dos riscos (EAR)	64
Figura 2.18– Modelo tipo cascata	65
Figura 2.19 – Modelo tipo espiral	66
Figura 2.20 – Exemplo de um projeto com fases sobrepostas.....	67
Figura 2.21 - Fases de implementação de Fábrica Digital	68
Figura 3.1 - Classificação da pesquisa.....	81
Figura 3.2 – Categorias de risco do projeto de Fábrica Digital.....	86
Figura 3.3 - Esquema de elaboração de questionário.....	92
Figura 4.1 – Fluxo de coleta de dados	98
Figura 4.2 - Modelo de Fábrica Digital do estudo de caso	100
Figura 4.3 – Integração das ferramentas utilizadas pela empresa A.....	103
Figura 4.4 – Percentual de funcionários por área de atuação	113

Figura 4.5 – Percentual de funcionários por tempo de empresa	113
Figura 4.6 – Percentual de funcionários por tempo no projeto de FD	114
Figura 4.7 – Relação de fatores impactantes segundo visão dos especialistas.....	127
Figura 4.8 – <i>Ranking</i> da importância dos fatores para o estudo de caso.....	129
Figura 4.9 – Resultado do questionário para o fator versão do software	133
Figura 4.10 – Resultado do questionário para o fator de gerenciamento de banco de dados	133
Figura 4.11 – Resultado do questionário para o fator de documentação da visão do projeto	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Áreas de atuação e principais softwares.....	54
Quadro 2.2 – Mapeamento de grupos de processos de gerenciamento de projetos e áreas de conhecimento	59
Quadro 2.3 - Valores para os softwares mais utilizados na indústria automotiva.....	70
Quadro 2.4 - Equipamentos necessários para operar os softwares mencionados....	70
Quadro 2.5 - Valor demonstrado do retorno anual de Fábrica Digital	71
Quadro 2.6 – Fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital	77
Quadro 3.1 - Objetivos específicos e seus desdobramentos.	82
Quadro 2.5 – Fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital	84
Quadro 3.2 – Fatores que impactam na implementação da FD classificados por categoria.....	88
Quadro 3.3 – Entrevista realizada aos gestores do projeto de FD	90
Fonte: Desenvolvido pela autora.....	90
Quadro 3.4 – Características de escalas nas ciências sociais.	93
Quadro 3.5 - Síntese dos procedimentos do desenvolvimento e aplicação do projeto.	97
Quadro 4.1 – Softwares de FD encontrados no estudo de caso	104
Quadro 4.2 – Resultado do questionário para cada fator	116
Quadro 4.2 – Resultado da análise Qui-quadrado quanto à formação	132
Quadro 4.3 – Resultado da análise Qui-quadrado quanto à profissão.....	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	<i>Computer Aided Design</i> – Desenho auxiliado por computador – projeto assistido por computador
CAE	<i>Computer aided Engineering</i> – Engenharia auxiliada por computador
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> – Manufatura auxiliada por computador
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i> – Manufatura integrada por computador
CLP	Controle Lógico programável
CNC	Comando Numérico Computadorizado
DNC	Controle de Dados
EAR	Estrutura Analítica de Riscos
DFM	<i>Design for Manufacturing</i> – Projeto para manufatura
DFA	<i>Design for Assembling</i> – Projeto para montagem
DFE	<i>Design for Environment</i>
DFx	<i>Design for x</i> – Projeto para “X” objetos
FD	Fábrica Digital
FV	Fábrica Virtual
FTE	<i>Full-time equivalent</i> - tempo planejado que um colaborador desempenha no projeto
FTE	<i>Full-time equivalent</i> – Tempo total equivalente ao projeto
KPIs	<i>Key Performance Indicators</i> - Indicadores chave de performance
MD	Manufatura Digital
MV	Manufatura Virtual
PLM	<i>Product Lifecicle Managment</i> - Sistemas de gerenciamento de ciclo de vida de produtos

RV

Realidade Virtual

PMBOK

Project Management Body of Knowledge – Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Problema de pesquisa	20
1.2 Objetivos do estudo	21
1.2.1 Objetivo geral	21
1.2.2 Objetivos específicos.....	21
1.3 Justificativa.....	22
1.4 DELIMITAÇÃO.....	23
1.5 Estrutura do trabalho	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1 Fábrica Digital.....	27
2.1.1 Benefícios da Fábrica Digital	32
2.1.2 Simulação Computacional na FD	35
2.1.3 Áreas de aplicação da Fábrica Digital	38
2.1.4 Infraestrutura necessária para a implantação da Fábrica Digital.....	39
2.1.5 Fábrica Digital no desenvolvimento de produto.....	41
2.1.6 Fábrica Digital na área de processos de operações	46
2.2 Gerenciamentos de projetos de Fábrica Digital	55
2.2.1 Gerenciamento de riscos de projetos	61
2.2.2 Implementação de projetos na base de Tecnologia da Informação	64
2.2.3 Implementação do projeto de Fábrica Digital em uma organização	67
2.2.4 Fatores que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital	71

3 METODOLOGIA.....	79
3.1 Descrição da Abordagem Metodológica	79
3.2 Estratégias de Pesquisa	80
3.3 Planejamento da Pesquisa	81
3.3.1 Pesquisa Bibliográfica	83
3.3.2 Elaboração e aplicação da entrevista e questionário e seleção de fatores	89
3.3.3 Priorização de Fatores	94
3.3.4 Teste Qui- Quadrado.....	95
4 RESULTADOS OBTIDOS COM O ESTUDO DE CASO	98
4.1 Resultado da entrevista inicial de confirmação do problema	99
4.1.1 Ferramentas que compõe a Fábrica Digital.....	100
4.2 Resultado das entrevistas aplicadas aos gerentes de projeto de Fábrica Digital	104
4.2.1 Resultado da entrevista aplicado ao gerente de projetos da unidade do Brasil.....	105
4.2.2 Resultado da entrevista aplicada ao gerente de projetos da unidade da Espanha	109
4.2.3 Análise dos resultados obtidos através da aplicação dos questionários aos gerentes de projeto no Brasil e Espanha	111
4.3 Aplicação do questionário.....	112
4.3.1 Caracterização da amostra de aplicação dos questionários	112
4.3.2 Resultados obtidos com a aplicação dos questionários	114
4.3.3 Fatores de riscos adicionais apresentados pela empresa.....	130
4.3.4 Análise estatística do questionário	131

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	136
------------------------------	-----

REFERÊNCIAS.....	141
------------------	-----

1 INTRODUÇÃO

A simulação computacional apresenta-se como uma ferramenta de grande importância nas organizações e estudos acadêmicos já há algum tempo. Com a promessa de auxiliar no processo de tomada de decisão nos níveis operacional, tático e estratégico, a simulação computacional possibilita a reprodução artificial de um fenômeno natural, facilitando a exploração de hipóteses do processo de experimentação em condições controladas, ou seja, sem a necessidade de interferência no sistema real (DEUSDADO, 2008). A redução dos riscos inerentes ao processo de tomada de decisão é realizada com base na comparação entre os resultados das diversas alternativas possíveis, isto é, verifica-se qual sistema apresenta melhor saída com base na simulação, para, posteriormente, aplicar esta solução no sistema real. A simulação computacional é o conceito chave da chamada “Fábrica Digital”.

A manufaturabilidade por computador, por não comprometer efetivamente os recursos de produção, possibilita reduzir os riscos no processo de tomada de decisão. Desta forma, cada vez mais grandes organizações passam a voltar maior atenção às ferramentas que oferecem este benefício.

A Fábrica Digital (FD) apresenta-se como um sistema integrado que possibilita melhorar os processos de engenharia de produto e processos (LAWRIN e ZELKO, 2010). Suas soluções são baseadas em um conjunto integrado de recursos de softwares que utilizam um modelo de produto digital e trabalham com dados de definição de produtos para digitalmente planejar, validar e otimizar um processo de fabricação (CIMDATA, 2006). A FD pode ser utilizada nas mais diversas áreas da organização, desde processos de desenvolvimento, teste e otimização do produto; desenvolvimento e otimização dos processos de produção; projeto e melhoria da planta; planejamento e controle das operações produtivas (KUEHN, 2006), e até, segundo Watanuki e Kojima (2007), no treinamento de funcionários. Outra característica importante da FD é que esta permite a integração de sistemas de manufatura, desde a fase de desenvolvimento de produto, planejamento de produção até o produto final, bem como a interação do cliente nestes processos.

Por meio das diversas ferramentas que compõe a Fábrica Digital, torna-se possível também a remodelagem de processos produtivos, melhorias contínuas de

layout de fábricas e fluxos logísticos, modernização de produtos e processos, auxílio no desenvolvimento de processos limpos e enxutos, avaliações ergonômicas de processos de montagem, e diversas outras iniciativas. A aplicação deste conceito visa à melhoria de indicadores como maior produtividade nas fábricas, qualificação de mão de obra, qualidade e confiabilidade de produtos e processos, flexibilidade, redução de *lead time*¹ de produção e tempo de lançamentos de produtos.

Alguns aspectos têm facilitado a disseminação do conceito e o crescente interesse de organizações pela Fábrica Digital, sendo estes o constante declínio do custo de aquisição de hardwares e softwares, a melhoria do desempenho de produtos tecnológicos e a facilidade do acesso ao usuário. Esse último apresentou maior evolução nos últimos anos, visto que a linguagem de programação para o desenvolvimento de simulações está cada vez menos complexa em softwares específicos, ou seja, em softwares de simulação de *layout*, fluxo produtivo, entre outros. Isto permite que até mesmo um usuário que não apresente conhecimento em programação consiga se beneficiar de softwares e suas respectivas aplicações (LOBÃO E PORTO, 1999; PORTO et al, 2002).

A implementação de um sistema de Fábrica Digital, assim como demais projetos de manufatura e tecnologia de informação (TI), é muitas vezes complexa. Diversos são os casos de insucesso na implementação de sistemas de manufatura e TI (DUARTE et al, 2012). Muitas empresas adquirem softwares ou sistemas operacionais devido a um modismo imposto pelo mercado, que faz com que as organizações creditem a importância de um sistema operacional ou seus benefícios à quantidade de empresas que aderem à nova tecnologia (SCHMIDT NETO, 2004). Porém, é de fundamental importância que as empresas compreendam o funcionamento do sistema e os reais benefícios antes da sua aquisição. Da mesma forma, fatores como a falta de qualificação de mão obra para operar o sistema e necessidade de mudanças nos processos da empresa para a sua implementação são comuns aos casos de insucesso. Esses fatores são chamados de fatores de risco do projeto e a ocorrência destes riscos tem impacto direto em um dos objetivos do projeto (PMI, 2008).

¹ Entende-se por *lead time* ou tempo de atravessamento, o tempo utilizado pelo sistema produtivo para transformar matérias primas em produtos acabados TUBINO (1999).

Pelo fato de a Fábrica Digital ser um assunto relativamente novo no mercado brasileiro e por sua aplicação ser mais conhecida no setor automotivo, ainda são poucos os trabalhos desenvolvidos nesta área no Brasil, principalmente considerando o projeto como um todo. A identificação de fatores de riscos, assim como em qualquer projeto, possibilita a empresa desenvolver um plano de gerenciamento destes riscos, para que se consiga aumentar a probabilidade de sucesso no projeto.

Dentro do contexto acima apresentado, e tendo em vista o papel que a Fábrica Digital desempenha nas organizações que a adotam, o presente trabalho tem por finalidade identificar, selecionar e priorizar os fatores que impactam na implementação do conceito Fábrica Digital em uma empresa multinacional do setor automotivo, por meio de um estudo caso.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A Fábrica Digital possibilita a integração entre departamentos e processos de uma empresa, podendo estes estarem localizados em uma mesma unidade ou país ou não, como ocorre em uma multinacional. Muitas empresas são estimuladas a implementar esta nova tecnologia pelas suas matrizes, na maior parte dos casos sediadas no exterior. A amplitude da Fábrica Digital pode ir desde a concepção e desenvolvimento de produtos à concepção e desenvolvimento de processos, além de possibilitar também operações internacionais de projeto e produção, ou seja, um produto pode ser planejado e desenvolvido por uma área sediada em uma unidade e ser fabricado ou montado em uma unidade sediada em outro país (VIDAL, 2009).

A implementação da Fábrica Digital é complexa, envolvendo diversos departamentos e até mesmo diversas unidades de uma organização multinacional. A implementação é apresentada neste estudo abrangendo todas as fases do projeto de Fábrica Digital, ou seja, trata desde a fase de preparação do projeto até a entrega deste.

Por envolver investimentos financeiros significativos relacionados à aquisição de softwares e hardwares, investimentos em máquinas e contratação de mão de obra, tempo de trabalho da equipe e treinamento de funcionários, a implementação de um sistema de Fábrica Digital deve ser muito bem gerenciada.

Alguns fatores podem vir a mascarar ganhos financeiros e até mesmo inviabilizar o prosseguimento de um projeto. Muitos casos de insucesso na implementação de sistemas são resultantes destes fatores de risco.

Nesse contexto, através de um estudo de caso em uma multinacional do setor automotivo, em função das condições acima mencionadas, o problema de pesquisa a ser explorada nesta dissertação apresenta-se como:

Quais os fatores de risco que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma empresa multinacional do setor automotivo?

1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO

Com o intuito de responder à questão de pesquisa, é proposto um objetivo geral. Faz-se necessário o detalhamento de objetivos específicos para que o objetivo geral seja atingido.

1.2.1 Objetivo geral

Identificar, selecionar e priorizar os fatores de riscos que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma empresa multinacional do setor automotivo.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) identificar os fatores de risco que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital com base na revisão bibliográfica;
- b) selecionar os fatores que impactam na implementação da FD; e
- c) estabelecer prioridade entre os fatores de risco com base no estudo de caso realizado.

1.3 JUSTIFICATIVA

O presente estudo justifica-se por analisar um sistema de ferramentas e tecnologias que apesar de muito inovadoras, ainda encontram-se pouco exploradas no mercado brasileiro.

A aplicação de ferramentas da Fábrica Digital está sendo realizada, muitas vezes, de forma isolada na maioria das organizações, porém a integração proposta pelo conceito de Fábrica Digital possibilita muito mais do que a adoção de softwares para aplicações específicas, como simulação de processos ou produtos. A introdução de um conceito de integração e sincronização de informações de produto e processo desde a concepção do projeto até o final da vida útil do produto é uma das principais vantagens apresentadas pela Fábrica Digital, não podendo desta forma ser descartada (PORTO *et al*, 2002).

Vidal, Kaminski e Netto (2009) relatam que um fator determinante para utilização do conceito de Fábrica Digital associa-se à preservação do capital intelectual da empresa, uma vez que o conhecimento não fica somente na mente do colaborador, sendo a Fábrica Digital uma ótima alternativa para o gerenciamento, organização e distribuição de informações para a organização e demais membros da equipe de um projeto.

Para De Carli, Delamaro e Salomon (2009), a implementação de um sistema integrado de Fábrica Digital é ainda mais complexa por exigir expressivos valores de investimentos e grandes esforços nas mudanças dos processos das empresas. Os autores defendem que é necessário um criterioso planejamento de implantação, que considere os riscos potenciais envolvidos para que os resultados esperados na implantação sejam atingidos. Com isto, um levantamento dos fatores de risco que interferem na implementação da Fábrica Digital, assim como qualquer sistema de informação implantado em uma organização, pode auxiliar como forma de direcionar atitudes preventivas das organizações que desejam adquirir esta nova tecnologia.

A identificação dos fatores de risco na implementação de sistemas de manufatura contribui de forma significativa para que os gestores de mudanças se conscientizem das dificuldades para a implementação (OLIVA *et al*, 2006). Não sendo usual na literatura estudos que contemplem a identificação destes fatores de

riscos em um projeto de FD, este trabalho tem por finalidade preencher parcialmente esta lacuna.

A Fábrica Digital é resultado da iniciativa do Departamento de Defesa Americano, o qual tinha por objetivo o desenvolvimento e validação de produtos e processos virtualmente, antes mesmo destes serem desenvolvidos e implementados no sistema real. Atualmente o emprego da Fábrica Digital é visto em indústrias aeroespaciais e automotivas. A indústria automotiva apresenta hoje grandes desenvolvimentos nesta área (PORTO et al, 2002; VIDAL, KAMINSKI e NETTO, 2009; CHRYSSOLOURIS, 2009). Assim, além da importância do meio em si, a escolha do setor automotivo é justificada pelo fato do pesquisador possuir acesso a uma organização multinacional que apresenta o projeto de Fábrica Digital corporativo.

A fim de justificar este trabalho para o Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, tem-se a sua inserção no contexto de inovação tecnológica, sendo a inovação e tecnologia uma das áreas de concentração do programa. A linha de pesquisa adotada é a de inovação em projetos, produtos e processos, visto que a Fábrica Digital visa auxiliar justamente no processo de inovação destes. O presente trabalho visa, ainda, disseminar conceitos acerca da Fábrica Digital e contribuir para pesquisas futuras sobre o tema. O resultado da investigação possibilitará que outros pesquisadores se aprofundem em cada uma das questões aqui levantadas e busquem identificar formas de sanar as dificuldades de implantação de um projeto desta natureza.

Como justificativa pessoal se encontra a experiência prévia no assunto, a formação acadêmica e a oportunidade de realização de uma pesquisa aplicada em uma empresa multinacional.

1.4 DELIMITAÇÃO

Este trabalho utiliza a abordagem de gerenciamento de riscos de projetos para realizar o levantamento dos fatores de risco que impactam na implementação de um projeto de FD. O processo de gerenciamento de risco em um projeto normalmente é constituído por seis etapas, sendo estas, o planejamento do gerenciamento de risco, a identificação dos riscos, análise qualitativa dos riscos,

análise quantitativa, desenvolvimento de opções e ações e o monitoramento e controle dos riscos. Esta pesquisa limita-se a uma das etapas do gerenciamento de risco de projetos, sendo esta a identificação de riscos.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

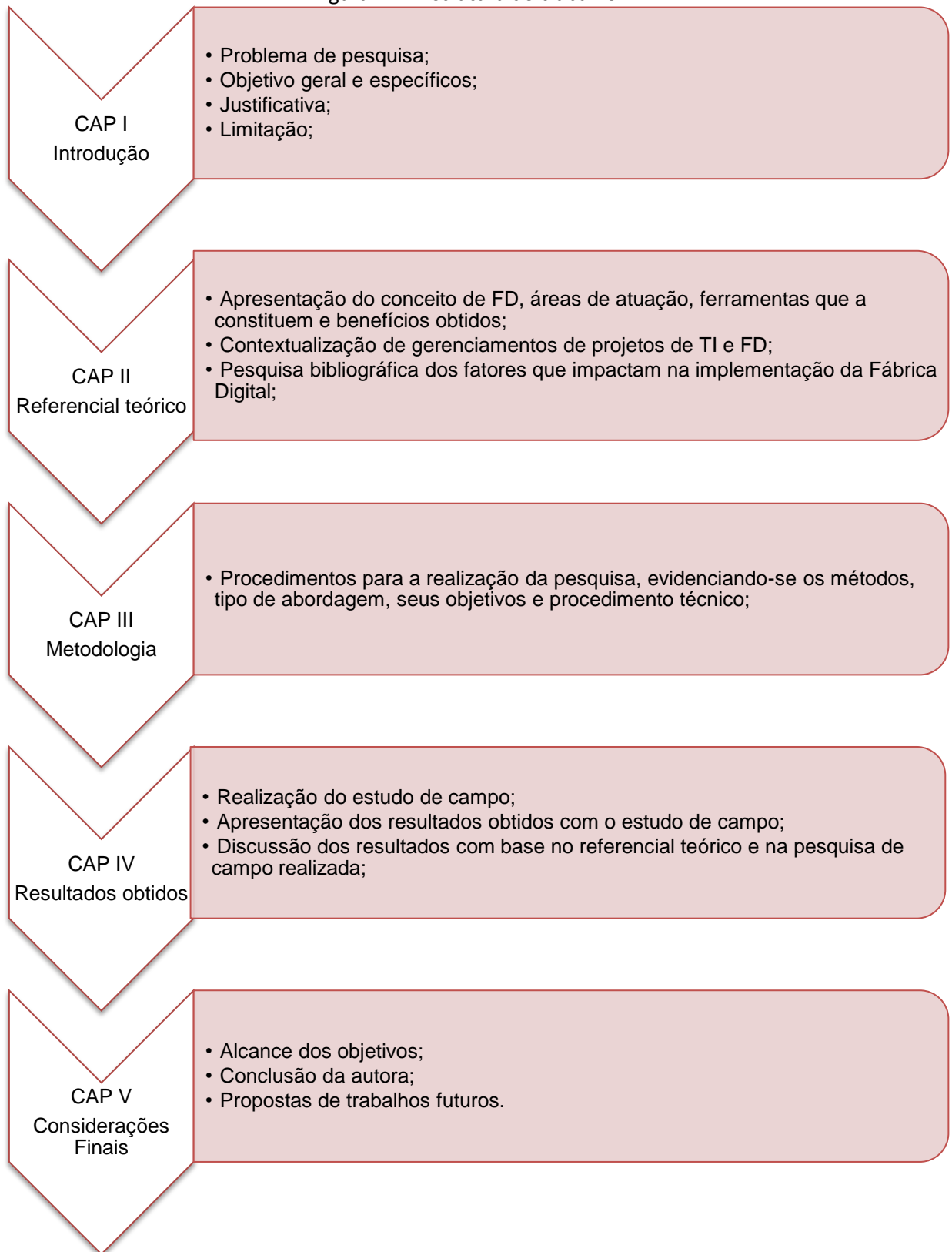
A fim de alcançar seu objetivo, o presente trabalho é dividido em cinco capítulos, como apresentado na figura 1.1. No capítulo inicial são apresentados introdução, objetivo e justificativa. No segundo capítulo abordam-se os principais temas pertinentes ao desenvolvimento do trabalho com base em levantamento bibliográfico, sendo estes a Fábrica Digital, a gestão de projetos, o gerenciamento de projetos de FD e se realiza o levantamento dos principais fatores que interferem na implementação da FD nas organizações.

No capítulo seguinte apresenta-se a metodologia adotada no desenvolvimento do trabalho e os métodos de pesquisa para a construção de uma estrutura de avaliação e priorização de atividades. Técnicas de coleta de dados e evidências também são apresentadas, como entrevistas e documentação.

No quarto capítulo são explorados os resultados obtidos com a pesquisa de campo realizada em uma organização multinacional do setor automotivo, inclusive por meio da discussão dos resultados da pesquisa obtida no estudo de caso com base no referencial teórico.

As considerações finais, apresentadas no sexto capítulo, retomam os principais pontos abordados no âmbito do trabalho e apresentam as conclusões desenvolvidas pela autora.

Figura 1.1 - Estrutura do trabalho

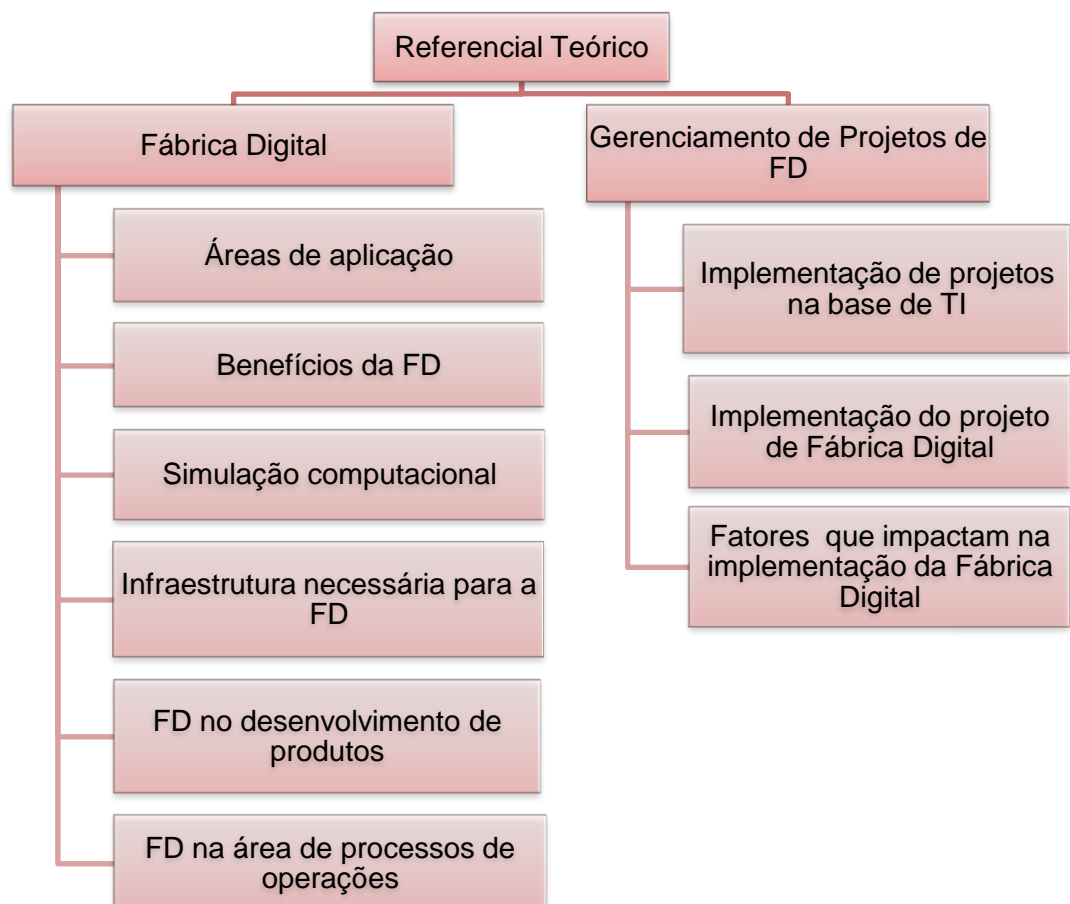


Fonte: Desenvolvido pela autora

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento do trabalho é de fundamental importância apresentar o conceito da Fábrica Digital, as aplicações desta dentro de um conceito organizacional industrial e as principais ferramentas que a constituem. Os benefícios obtidos com a implementação da FD (Fábrica Digital) também são de fundamental importância, pois estes justificam a implementação de tal sistema. Faz-se necessário também uma revisão bibliográfica acerca da implementação e gerenciamento de projetos, visto que a Fábrica Digital é abordada no presente trabalho como um projeto. E, por fim, através de um levantamento bibliográfico são apontados os principais fatores que impactam na implantação da FD em uma organização. A figura 2.1 apresenta de forma sucinta os temas abordados no referencial teórico.

Figura 2.1 – Estrutura do referencial teórico



Fonte: Desenvolvido pela autora

2.1 FÁBRICA DIGITAL

O surgimento da tecnologia de Fábrica Digital decorre de um grande avanço tecnológico em que softwares de modelagem, desenho e simulação são a base para esta tecnologia. Na década de cinquenta se iniciaram as primeiras pesquisas acadêmicas em ferramentas bidimensionais utilizadas para auxiliar na geração de caminhos em ferramentas de máquinas de controle numérico (CNC). Na década seguinte surgiu o conceito de computação gráfica interativa, e softwares como o CAD (desenho assistido por computador) foram apresentados ao mercado. Estes softwares possibilitaram o desenvolvimento de desenhos de forma virtual. O chamado *Sketchpad*, desenvolvido por Ivan Sutherland no início da década de sessenta com menus em cascata, desenho baseado em restrições e modelagem hierárquica, foi a semente para o surgimento de novas tecnologias e posteriormente o conceito da Fábrica Digital. A partir de então houve um grande avanço tecnológico e esforços foram voltados para o desenvolvimento de mais tecnologias que pudessem auxiliar por computador, como o CAM (manufatura auxiliada por computador), que proporcionou a montagem de peças por computador. O desenvolvimento de programas que trabalham em três dimensões, 3D, marcaram a década de setenta e já na década seguinte os primeiros softwares que possibilitam esta tecnologia foram apresentados ao mercado (CÁCERES, 2010).

A partir de então, cada vez mais novas tecnologias e softwares voltados para a simulação foram desenvolvidos. Estes softwares visam responder a pergunta: “o que aconteceria se?”. Porém, o conceito de Fábrica Digital passou a ser utilizado, somente a partir dos anos noventa, como resultado da iniciativa do Departamento de Defesa dos EUA, que propiciaram a capacidade de confirmar a manufaturabilidade antes de comprometer recursos reais de produção. Como consequência, as empresas voltaram maior atenção a esta tecnologia que propicia a redução de riscos no processo de tomada de decisão (BANERJEE e ZETU, 2001).

Neste contexto faz-se necessária a definição, segundo a visão de diversos autores, da Manufatura Digital (MD) também chamada de Fábrica Digital (FD), e da Manufatura Virtual (MV) também chamada de Fábrica Virtual (FV).

Segundo Kumar e Annamalai (2011), a Manufatura Virtual pode ser considerada uma das tecnologias capazes para acelerar o desenvolvimento de uma

infraestrutura de tecnologia de informação. A MV envolve simulação de produtos e os processos de fabricação destes. Para os autores, a Manufatura Virtual é um modelo de computador integrado, que opera sistemas de física e lógica e simula o comportamento do sistema real de manufatura, contendo modelos de ambientes de fabricação, produtos e protótipos virtuais.

Lawrin e Zelko (2010), por sua vez, conceituam a Fábrica Digital como um sistema integrado que possibilita melhorar os processos de engenharia de produto e processos. A simulação é apresentada pelos autores como tecnologia chave deste conceito e pode ser aplicada a modelos virtuais em diferentes níveis e estágios da organização a fim de aperfeiçoar processos. Ao distribuir e interligar sensores, processadores e facilitadores de comunicação em toda a empresa, cria-se uma infra-estrutura integrada, que proporciona visibilidade entre todos os processos da organização. As informações fluem automaticamente entre sistemas e processos e cada estágio do ciclo de vida do produto é transparente para todos os outros. O resultado é uma tecnologia avançada e algo que é chamado de Fábrica Digital.

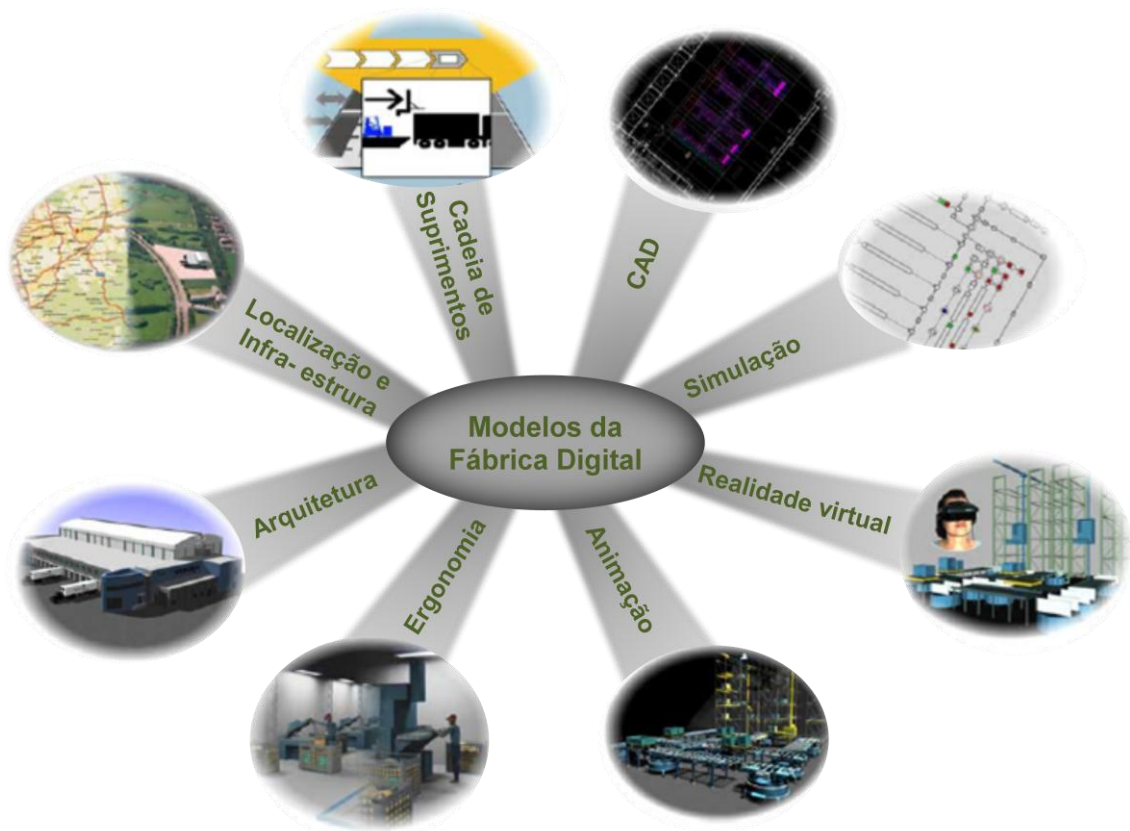
Kraiem (2001) define a Manufatura Virtual como um sistema sintético integrado de manufatura que visa melhorar todos os níveis de decisão e controle nos processos de fabricação/montagem de qualquer produto. O autor define sintético ou espaço virtual do trabalho como a interação de objetos reais e virtuais que suportem a construção e a utilização de ferramentas, possibilitando desta forma simulações da manufatura. O conceito de melhorar apresentado pelo autor significa aumentar o valor, níveis de previsão e validade. Enquanto controle visa prever os efeitos reais.

Para CimData (2006), soluções de Manufatura Digital são baseadas em um conjunto integrado de recursos de softwares que utilizam um modelo de produto digital e trabalham com dados de definição de produtos para suportar o planejamento da manufaturabilidade, *layout* de processos, visualização, simulação e outras análises para digitalmente planejar, validar e otimizar um processo de fabricação. Manufatura Digital pode ser definida como uma solução baseada em softwares que suportam o planejamento do processo de manufatura colaborativo entre as disciplinas de engenharia tais como design e manufatura.

Já Caggiano e Teti (2012) apresentam a FD como um conjunto de métodos e ferramentas digitais utilizados para investigar a complexidade e analisar as diferentes configurações de um sistema de manufatura.

Wenzel, Jessen e Bernhard (2005) defendem que os modelos da Fábrica Digital são uma simplificação da realidade. Eles podem incluir modelos puramente descritivos, mas também modelos experimentais e dinâmicos, como é o caso da simulação e modelos ergonômicos. Os autores conceituam a Fábrica Digital através do conceito apresentado pela VDI²-ADB *Produktionstechnik*, que apresenta a Fábrica Digital como um conjunto de modelos, métodos e ferramentas para o suporte sustentável do planejamento de fábricas e operações, incluindo os seus respectivos processos, baseado em modelos digitais integrados (com o modelo do produto). Esta definição implica em uma ligação cruzada de modelos necessários e ferramentas, considerando características estatísticas e dinâmicas dos sistemas e a consideração de modelos de fluxo de processo. A figura 2.2 apresentada pelos autores em artigo de sua autoria retrata os diversos modelos que a Manufatura Digital abrange.

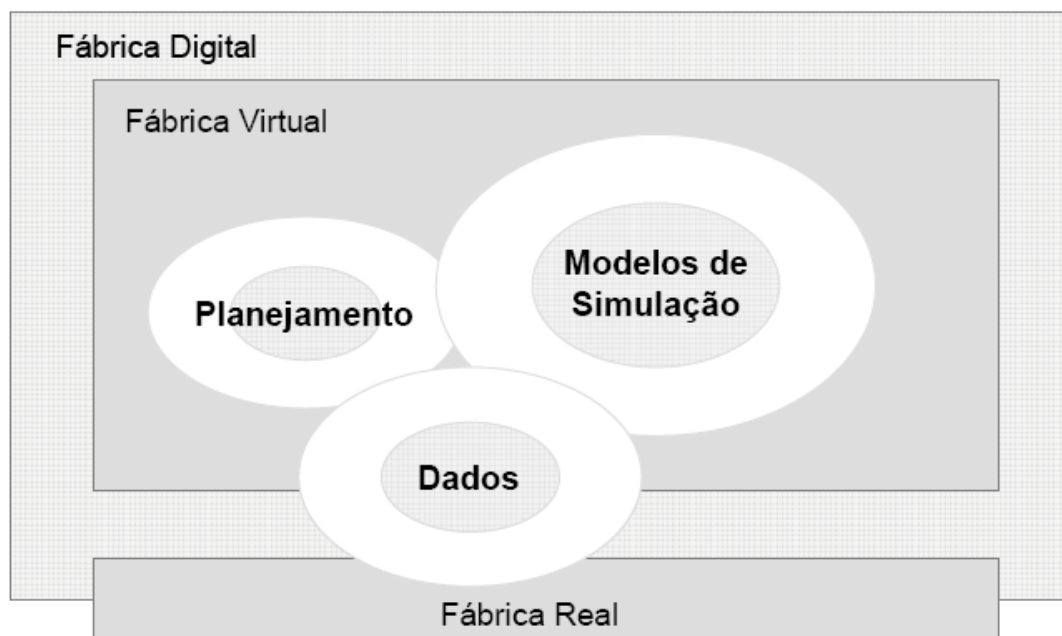
Figura 2.2 - Exemplos de modelos da Fábrica Digital



Fonte: Adaptado de Wenzel, Jessen e Bernhard (2005)

A definição apresentada por Kuehn (2006a) diferencia Manufatura Virtual de Fábrica Digital. Para o autor a Manufatura Virtual corresponde à modelagem de produtos, processos e recursos com base em dados atuais. Os produtos e os processos de produção podem ser melhorados com o uso de modelos virtuais até que os processos estejam totalmente desenvolvidos, extensivamente testados e sem erros para serem utilizados na fábrica real. Já o conceito de Fábrica Digital apresentado pelo autor revela uma abordagem mais abrangente, que consiste na Fábrica Virtual e sua integração na fábrica real conforme apresentado na figura 2.3. O autor apresenta o conceito de Fábrica Digital como uma empresa incluindo informações estratégicas de planejamento e integração de processos de várias fábricas em uma rede global, oferecendo métodos e soluções de software para o produto e planejamento de portfólio, desenvolvimento digital do produto, manufaturabilidade digital, vendas e suporte, o que proporcionam que o *time to value*³ seja alcançado mais rapidamente.

Figura 2.3 - Fábrica Digital integra Fábricas Virtual e Real



Fonte: Adaptado de Kuehn (2006)

Desta forma, a figura 2.3 retrata a diferença abordada pelo autor em que a Fábrica Virtual contempla modelos de simulação, que são utilizados com base em

³ *Time to value* é uma medida utilizada no gerenciamento de projetos para representar o período entre o início do projeto até que seus benefícios sejam identificados, através da entrega do produto para os usuários finais.

dados obtidos na fábrica real, para melhorar produtos e processos planejados, até que estes estejam extensamente desenvolvidos, testados e livres de erros. Somente após a comprovação dos resultados obtidos a partir das simulações da Fábrica Virtual é autorizada a produção na fábrica real. O conceito de FD é conferido ao processo somente após a integração da Fábrica Virtual com os demais sistemas de gestão e manufatura que ocorre por meio da automação.

Chryssolouris *et al* (2009) defende que desenvolvimentos recentes na Manufatura Virtual podem ser divididos em dois grandes grupos. O primeiro grupo segue uma abordagem *bottom-up*, de baixo para cima, que amplia o conceito de Fábrica Digital por toda a fábrica ou empresa, considerando uma abordagem mais abrangente. Já o segundo grupo contempla uma abordagem *topdown*, de cima para baixo, considerando as tecnologias como suporte para aspectos individuais da Manufatura Digital.

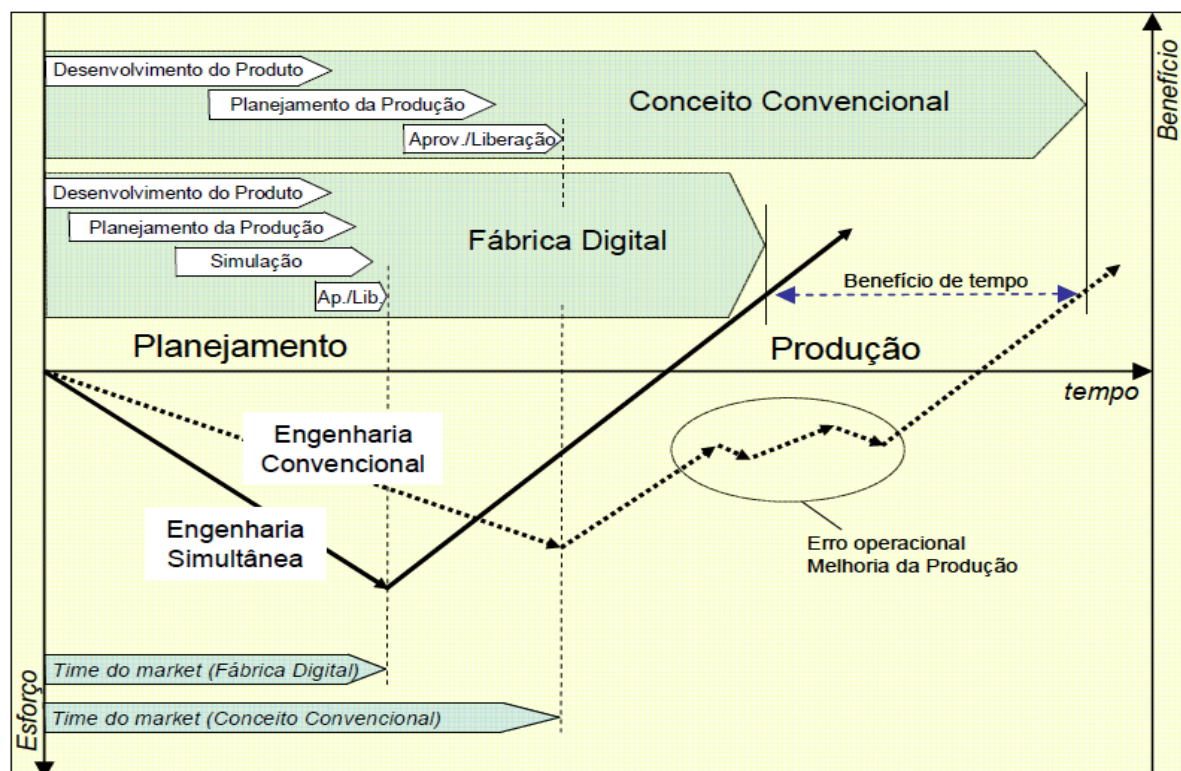
O conceito apresentado por Kuehn (2006a) onde a FD se diferencia da MV pelo fato de haver uma integração através da automação da fábrica real com a FV não será aplicado no presente trabalho. A justificativa para isto é que esta total integração dificilmente é encontrada nas organizações e depende do avanço tecnológico de empresas e fornecedores. Desta forma o conceito apresentado por Lawrin e Zelko (2010) que define a FD como um sistema integrado que possibilita melhorar os processos de engenharia de produto e processos será o conceito adotado no presente trabalho. Nos artigos apresentados pelos autores, os conceitos de FD e FV são muito similares e a simulação dos processos e produtos torna-se possível a partir de dados obtidos na fábrica real, que pode inclusive estar em funcionamento. O fato de se desenvolver e testar projetos antes da implementação na fábrica real é de fundamental importância, porém testes no processo produtivo, bem como nos produtos finais também são necessários. Por fim, a definição de Chryssolouris *et al* (2009) categoriza dois grandes grupos que apresentam ambas as abordagens, as ferramentas implementadas de forma isolada e a integração entre eles constituindo um conceito mais abrangente.

2.1.1 Benefícios da Fábrica Digital

Considerando que a Fábrica Digital demanda alto investimento financeiro em softwares e hardwares e capacitação de funcionários para sua utilização de forma adequada a fim de obter maior proveito dos softwares adquiridos, é de fundamental importância a apresentação de seus benefícios.

A Fábrica Digital propicia melhorias nas mais diversas áreas da organização, dependendo apenas da amplitude de sua aplicação. Quando se avalia a aplicação da Fábrica Digital como sistema que abrange todas as áreas da organização, o principal benefício da Fábrica Digital é a redução do *time-to-market*, ou seja, tempo de lançamento de novos produtos, o que possibilita a redução efetiva de custos (KUEHNb, 2006). Esta perspectiva é apresentada na figura 2.4 onde as principais diferenças do conceito convencional para o conceito de Fábrica Digital quanto a tempo de lançamento são ilustradas.

Figura 2.4 - Fábrica Digital: benefício e esforço



Fonte: Adaptado de Kuehn (2006)

Como consta na figura 2.4 o conceito tradicional ou Engenharia Convencional apresenta etapas sequenciais para o desenvolvimento de produto, planejamento da produção e aprovação/liberação. Quando estas etapas ocorrem sequencialmente, a Engenharia de Produto desenvolve o produto e somente após o produto estar totalmente desenvolvido é que o planejamento da produção, ou desenvolvimento do processo, ocorre. E caso o processo de produção seja inviável, este produto retorna para a etapa de Engenharia de Produto e, então, avalia-se o erro. No caso da execução praticamente paralela das etapas, que ocorre na Engenharia Simultânea, as áreas desenvolvem o produto, o processo e realizam otimizações através da simulação simultaneamente e com isso torna-se possível reduzir o tempo gasto com erros operacionais e necessidades de melhorias na produção.

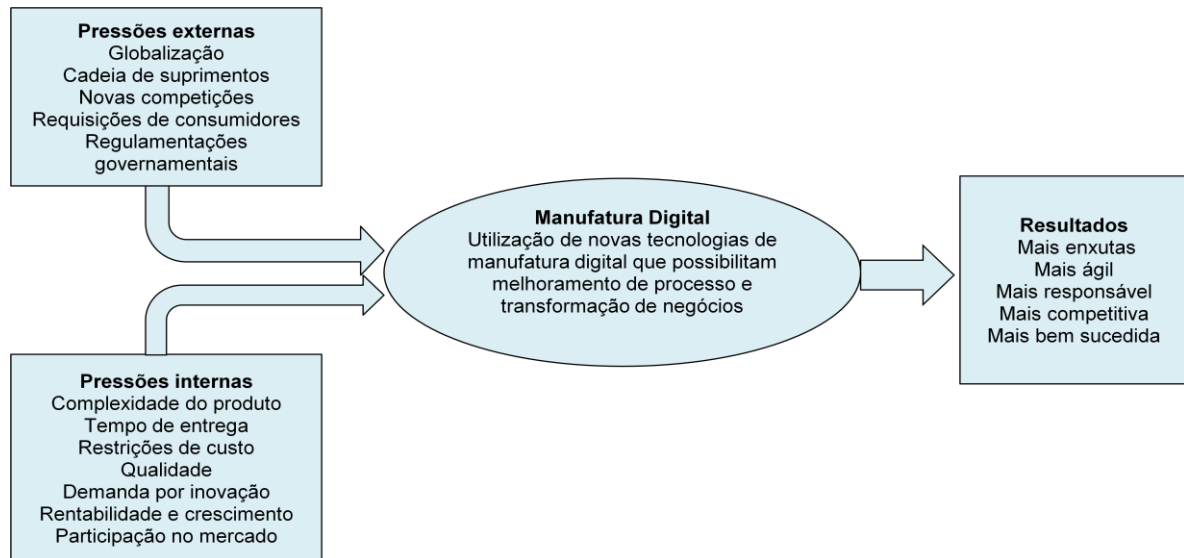
Wenzel, Jessen e Bernhard (2005) apresentam como principais benefícios da MD a redução de tempos de planejamento e desenvolvimento, melhoria dos processos de produção, melhoria da qualidade nos resultados do planejamento e operação de instalações e redução de custos. Hanwu et al (1996) relata que projetar *layouts* de chão de fábrica, estimando-se estratégias de controle e programação, suportar a avaliação de desenhos e propiciar estimativas confiáveis quanto ao tempo de processamento, tempos de ciclo e custos de inventariado também são os benefícios obtidos com aplicações de ferramentas da Fábrica Digital.

Os benefícios apresentados pelo CIMdata (2006) quanto à aplicação da Fábrica Digital (Figura 2.7) são redução de ciclos de desenvolvimento, redução dos custos de produção e aumento da qualidade, suporte para a implementação de uma manufatura enxuta e ágil, suporte para a disseminação do conhecimento do produto, habilitar iniciativas de Design for x (DSx), sincronização de dados e tradução através de soluções integradas de aplicação, compartilhar e colaborar para a propriedade intelectual dentro da cadeia de suprimentos, visualização e simulação digital de operações, otimização de células, linhas de montagem, plantas, empresas e cadeia de suprimentos, ajustar mudanças de demanda e de produto rapidamente e gerenciar efetivamente informações de produto e de manufaturabilidade.

A figura 2.5 demonstra que cada vez mais as organizações buscam a tecnologia da Manufatura Digital para melhorar seus processos e a transformação de seus negócios de forma a superar as pressões exercidas pelo mercado e as pressões internas, que correspondem à qualidade, tempo de entrega etc. O

resultado da adoção deste sistema possibilita operações mais enxutas, ágeis, responsáveis e competitivas.

Figura 2.5 - Fábricas se tornam digitais



Fonte: Adaptado de CIMdata (2006)

As decisões que envolvem a manufatura quando tomadas mais próximas às fases iniciais do desenvolvimento do produto podem trazer ganhos significativos para a companhia com a redução de investimentos e antecipação dos detalhes de uma nova linha de fabricação. Lavrin e Zelko (2010) argumentam que os benefícios oriundos da integração e interconectividade de ambientes possibilitam melhorias na colaboração, redução de custos e desperdícios, auxiliando no aumento imediato de produtividade nos diversos setores da empresa.

Kraiem (2001) relata os benefícios na análise de manufaturabilidade a fim de realizar a montagem da peça dentro das especificações, estimando o tempo de montagem e custos. Através de uma representação computadorizada de um projeto e um conjunto de recursos de manufatura, atributos de concepção são analisados, como dimensões, tolerâncias, forma e acabamento de superfícies.

Vidal (2006) relata as vantagens obtidas com a adoção da ferramenta de MD para o planejamento e projeto das ações no desenvolvimento de novas linhas de fabricação, na adaptação em função da introdução de uma variação da linha de produtos existentes, ou numa eventual alteração de capacidade devido à variação de mercado. O aumento da segurança no desenvolvimento das instalações, em

prazo menor de tempo, objetivando o aumento da produtividade são as expectativas quanto à Fábrica Digital (MENGENS, 2005).

Chryssolouris et al (2009) justifica o uso de ferramentas de FD com a finalidade de validação mais rápida nos processos de manufatura, redução de erros de projeto, aumento da disseminação do conhecimento do produto e aumento da flexibilidade.

A ferramenta chave da Fábrica Digital é a simulação computacional, desta forma torna-se imprescindível estudá-la.

2.1.2 Simulação Computacional na FD

A simulação é o conceito chave da Fábrica Digital. Diferentes tipos de simulação, como eventos discretos ou simulação animada em três dimensões (3D), são aplicados por meio de modelos virtuais nas tarefas de planejamento, visando melhorar produtos e o planejamento dos processos (CÁCERES, 2010). Segundo Žlajpah (2008) a simulação possibilita responder perguntas do tipo “o que aconteceria se?” sem a interferência no sistema real.

Diferentemente da pesquisa operacional, onde soluções ótimas são alcançadas iterativamente, por meio das diversas técnicas de otimizações como programação linear, programação inteira, programação dinâmica, programação estocástica, e programação não linear, as decisões obtidas com a simulação computacional, por englobarem conceitos multidisciplinares, muitos objetivos e por atenderem âmbitos estratégicos, não se apresentam ótimas, mas sim robustas, visto que vários cenários podem ser avaliados e as decisões tornam-se possíveis com base na priorização de indicadores. Diante disso, a simulação computacional auxilia na tomada de decisão não somente em níveis operacionais, mais também táticos e estratégicos, visando alcançar e comparar soluções com *trade-offs*⁴ diferentes, podendo estes estar mais relacionados, por exemplo, com custo do que com qualidade (GAMA, 2011).

Freitas Filho (2001) define a simulação computacional “como a utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores, as quais

⁴ Entende-se por *trade-offs* a escolha de uma alternativa que sustente a estratégia de negócios da empresa. Segundo Teixeira e Paiva (2008) o elevado desempenho em uma variável implica, automaticamente, o desempenho mais baixo de outra.

permitem imitar o funcionamento de praticamente qualquer tipo de operação ou processo (sistemas) do mundo real”. Sistemas são apresentados por Blanchard e Fabrycky (1998) como uma combinação de elementos ou partes da realidade formando um todo possivelmente complexo. Blanchard e Fabrycky (1998) defendem também que sistemas são compostos de componentes - como entradas, processos e saídas -, atributos ou propriedades dos componentes - que caracterizam o sistema - e relacionamentos, ligações entre componentes e atributos.

Vieira (2006), por sua vez, argumenta que a simulação busca modelar um sistema ou processo, auxiliando o processo de tomada de decisão, visando à redução de riscos e custos envolvidos em um processo. A definição de modelo abordada por Chwif (2007) refere-se a este como uma abstração da realidade, aproximando-se do verdadeiro comportamento do sistema, e este deve ser mais simples do que a realidade.

A simulação computacional, como reprodução artificial de um fenômeno natural, facilita a exploração de hipóteses através de uma experimentação em condições que podem ser controladas, segundo Deusdado (2008). A simulação como experimento é uma experimentação indireta, pois não atua diretamente no ambiente real, e esta é justificada porque o sistema alvo ainda não existe e experimentar com o sistema real é dispendioso e não apropriado (SOUZA, SACCO e PORTO, 2006). Segundo Back (1983), somente com a experimentação é que o engenheiro pode saber a relevância e escolher os fatores que podem ser desprezados.

As ferramentas de simulação apresentam evolução diretamente proporcional à evolução de tecnologia de suporte (hardware e software), tendo evoluído desde os modelos físicos em escala e os modelos matemáticos até a última geração de simuladores inteligentes e interativos com interface gráfica. Com a construção de modelos físicos em escala, também chamados de protótipos, reproduz-se o funcionamento do sistema real em maior ou menor escala. Com isso pode-se observar características físicas e estruturais destes modelos e então realizar inferências sobre o sistema real. Já os modelos matemáticos são construídos a partir de inferências de sistemas em que se deseja projetar o comportamento em determinadas circunstâncias. Através do levantamento de variáveis que influenciam

no sistema e suas inter-relações propõe-se uma relação matemática que permita descrever o sistema e prever o seu comportamento.

As linguagens de computadores dedicadas à simulação são bibliotecas compostas de conjuntos de macro-comandos de linguagens de propósito geral (como o Fortran) e visam facilitar o processo de construção de modelos. Os simuladores de interface gráfica e orientados a objetos são pacotes de softwares que facilitam a modelagem de sistemas em determinados ambientes, porém suas aplicações limitam-se somente a domínios específicos. Desta forma são bem menos flexíveis do que as linguagens de programação de propósito geral, porém possuem uma interação mais amigável entre usuário, computador e a utilização da biblioteca de rotinas disponibilizadas no software. Já simuladores interativos e inteligentes empregam recursos de realidade virtual, inteligência artificial e sistemas especialistas e possibilitam que o usuário interaja com o sistema durante a simulação, auxiliam a equipe de simulação na fase de definição das especificações do sistema e não exigem que os profissionais possuam profundo conhecimento sobre o processo (LOBÃO E PORTO, 1999).

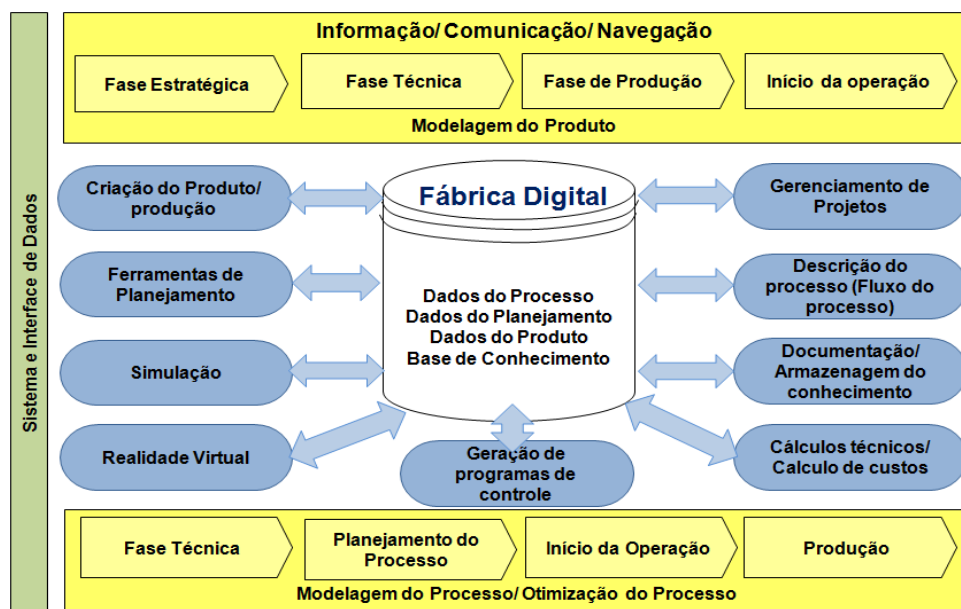
Vale a pena destacar também algumas dificuldades no processo de simulação. Segundo Corrêa, Giansi e Caon (2001), a simulação só gera bons resultados se os *inputs* do sistema forem adequados. Outra dificuldade apontada pelos autores refere-se ao tempo de construção de modelos, principalmente se os dados de *input* do sistema são de difícil obtenção. Estes dados de *input* normalmente correspondem a características do modelo como, por exemplo, em uma simulação de fluxo de processo, os *inputs* correspondem a quantidade de produtos fabricados, tempos de ciclo, disponibilidade técnica das máquinas, etc. Para Pedgen, Shanon e Sadowski (1990) a interpretação dos resultados da simulação pode ser normalmente complicada, uma vez que os modelos tentam capturar a variabilidade dos sistemas. Outra dificuldade apresentada por Banks e Carson (1984) é que a construção do modelo requer treinamento e o aprendizado se dá ao longo do tempo, com a aquisição de experiência. Portanto, para que a simulação ocorra de forma adequada, é necessário levar em consideração os aspectos acima mencionados.

2.1.3 Áreas de aplicação da Fábrica Digital

Segundo Kuehn (2006b), a Fábrica Digital integra os processos de desenvolvimento, teste e otimização do produto, o desenvolvimento e otimização do processo produtivo, projeto e melhoria da planta e o planejamento e controle das operações produtivas. Watanuki (2007) defende, ainda, que a Fábrica Digital também pode ser utilizada em treinamentos de funcionários através da realidade aumentada.

A figura 2.6 demonstra como o conceito de Fábrica Digital integra dados desde as fases do desenvolvimento do produto até as fases de desenvolvimento do processo produtivo. Isto é possível por meio da adoção de diversas ferramentas de Fábrica Digital e da interface de sistemas e dados. A figura apresenta também que a Fábrica Digital auxilia nas diversas fases dos processos de modelagem de produto e processo, bem como a sua otimização.

Figura 2.6 - O desenho integrado do conceito de Fábrica Digital e gerenciamento do ciclo de vida do produto

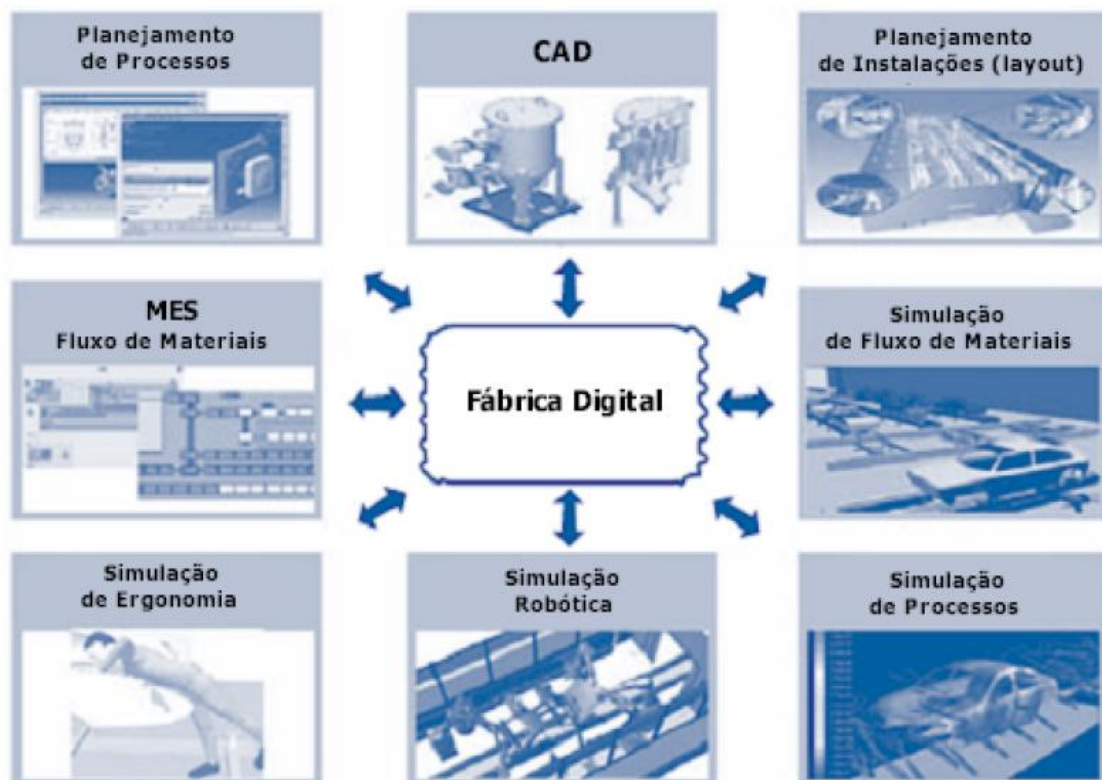


Fonte: Adaptado de Lawrin e Zelko (2010)

A figura 2.7, obtida no site da *Dassault Systèmes*, empresa fornecedora de softwares de Fábrica Digital, exibe as várias formas de simulação que a Fábrica Digital possibilita, sendo estas o planejamento de processos, produtos, planejamento

de instalações, fluxo de materiais e processos, além de simulações de robôs e análises ergonômicas. Para a empresa, a Fábrica Digital deve ser vista como um conceito superior que engloba todos os recursos de manufatura e simulação, inclusive a cadeia de fornecedores e redes de produção. A empresa apresenta três fases de utilização da Fábrica Digital, a primeira foca no desenvolvimento integrado do produto, a segunda no projeto e melhoria da planta, e a terceira, no planejamento e controle das operações de produção.

Figura 2.7 - Várias formas de simulação na Manufatura Digital



Fonte: Adaptado de *Dassault Systèmes* (2006)

2.1.4 Infraestrutura necessária para a implantação da Fábrica Digital

O desenvolvimento de um sistema integrado de Fábrica Digital torna-se viável devido a uma infraestrutura de TI aberta, com características centrais como uma plataforma integrada de softwares de gerenciamento de dados e aplicações, infraestrutura de hardware com plataformas de elevado desempenho, infraestrutura orientada a serviços, que forneça softwares e dados como serviços, e apresente

hardwares como recursos virtuais. Também estão inseridas neste contexto soluções wireless ou portáteis que mantenham a empresa segura e conectada a seus recursos de materiais, sistemas de produção, funcionários e parceiros (LAVRIN e ZELKO, 2010).

O conceito de escritórios de projetos virtuais também deve ser levado em consideração como uma plataforma necessária na Fábrica Digital. Eles têm a finalidade de capturar o conhecimento e com isso dissipar a experiência entre os colaboradores. Isso se torna possível criando uma infraestrutura de distribuição e compartilhamento de modelos virtuais que podem ser manipulados por diferentes parceiros de negócios e times multidisciplinares. Desta forma pode-se assegurar aos os colaboradores conhecimentos comuns, além de garantir uma estrutura de gestão via web, o gerenciamento do fluxo de produção e tarefas, monitoramento do andamento de projetos e a gestão dos requisitos e restrições (KRAIEM, 2001). Outra vantagem proporcionada com o uso desse ambiente virtual e colaborativo se trata da redução de custo e tempo de desenvolvimento de projetos, visto que mais rápidas são as respostas de projetistas e engenheiros ao mercado (PORTO, SOUZA e RAVELLI, 2002).

A escolha de aquisição de softwares de ferramentas de Fábrica Digital é um ponto muito relevante para que a integração do sistema ocorra de forma ágil e simples. Para isto faz-se necessária a avaliação de alguns pontos cruciais, como apresentar um gerenciamento de dados eficiente, um sistema aberto, com interfaces padrão, arquitetura modular para expansão, plataforma de visualização 3D e 4D eficiente, avançado gerenciamento de documentação e alterações, sistemas de rede e arquitetura de dados com integração entre processos (LAVRIN e ZELKO, 2010).

O conceito de integração proposto pela Fábrica Digital requer interface e sistemas de base de dados muito poderosos, podendo auxiliar na utilização direta de informações e dados relevantes a qualquer momento (WENZEL, JESSEN e BERNHARD, 2005).

2.1.5 Fábrica Digital no desenvolvimento de produto

O processo de desenvolvimento de produto é muitas vezes complexo e, portanto, as empresas têm voltado muita atenção às estratégias para auxiliar na competição do mercado. Estratégias como a redução do tempo de lançamento de novos produtos, a ampliação das opções de produtos customizados e melhoria de qualidade têm-se apresentado eficazmente para garantir permanência no mercado perante a concorrência. Neste sentido, torna-se indispensável a utilização de métodos de gestão e de tecnologias que possibilitem uma atividade de projeto rápida e eficaz (CARNIEL e AYMONE, 2009).

A atividade de desenvolvimento de produto está vinculada à estratégia de inovação tecnológica traçada em cada organização, pois o sucesso da organização é fortemente dependente de sua habilidade de organizar, processar e aprender através das informações relacionadas ao ciclo de desenvolvimento dos seus produtos. O contexto de desenvolvimento de produtos pode envolver um ambiente globalizado onde produtos são projetados simultaneamente em mais de um país, ou seja, projetados e fabricados no mesmo país, ou projetados e fabricados em países distintos, além também de envolverem a presença de parceiros em praticamente todas as etapas do processo (NAVEIRO e Borges, 2005).

Com o emprego de ferramentas de FD, torna-se possível auxiliar no desenvolvimento de produtos em um contexto globalizado, permitindo que informações sejam trocadas entre diversas unidades e parceiros. As ferramentas de TI também auxiliam na reutilização dos componentes individuais de um modelo para a criação de outros produtos em função das peças cadastradas (CARNIEL e AYMONE, 2009), além obviamente de auxiliar na realização de avaliação de conceitos simultaneamente aos projetos, como o conceito de manufaturabilidade, design, comportamento de produtos a determinadas situações etc.

Sistemas de PLM (*Product Lifecicle Management*), ou seja, sistemas de gerenciamento de ciclo de vida de produtos se concentram no processo de design e engenharia de produtos, porém o processo de engenharia de manufatura não apresenta foco neste tipo de sistema. Assim, a FD possibilita um ambiente integrado de produtos e processos que podem ser utilizados simultaneamente a sistemas de PLM (KIM et al, 2010).

Para maior compreensão da interferência da FD no processo de desenvolvimento de produto, algumas das ferramentas que possibilitam esta tecnologia neste processo são descritas a seguir:

CAD – Computer Aided Design

O CAD foi uma das grandes revoluções no ambiente tecnológico industrial. A introdução do seu conceito ocorreu já na década de cinquenta, quando começou a ser utilizado em pesquisas acadêmicas com ferramentas bidimensionais para gerar caminhos de ferramentas em máquinas de controle numérico computadorizado (CNC). Já na década de sessenta, surgia a computação gráfica interativa (CÁCERES, 2010). Através do surgimento desta tecnologia, pesquisadores voltaram maior atenção para o conceito de manufaturabilidade por computador. Pode-se dizer que através da ferramenta CAD é que se começou a dar importância à simulação computacional no processo industrial.

A ferramenta CAD, ou *Computer Aided Design* (desenho auxiliado por computador), é uma ferramenta de trabalho importante na elaboração de desenhos, mas a sua aplicação vai muito além. O CAD permite além da manipulação e integração de informações, conceber projetos através das três dimensões, apresentando diferentes formas de visualização e concepção de projetos e diminuindo a possibilidade de erros por incoerências, segundo Figueira (2003). A funcionalidade destes sistemas integra análises de elementos finitos, análises cinemáticas, dinâmicas e simulação completa de propriedades geométricas incluindo textura e propriedades mecânicas de materiais. Modelos CAD são considerados suficientes para a geração de peças, desde que estes possam ser utilizados na geração de códigos para dirigir máquinas (CHRYSSOLOURIS et al, 2009).

As variações de softwares CAD existentes no mercado são caracterizadas por serem 2D (duas dimensões) ou 3D (três dimensões).

Sistemas CAD 2D, também considerados sistemas CAD de pequeno porte, são utilizados para representar objetos e formas geométricas. Utilizam entidades geométricas simples como retas, circuitos e curvas genéricas. (BENAVENTE, 2011) Desta forma apresentam significativa utilização em aplicações como elétricas, hidráulicas, circuitos e placas eletrônicas, em que não existe a necessidade de

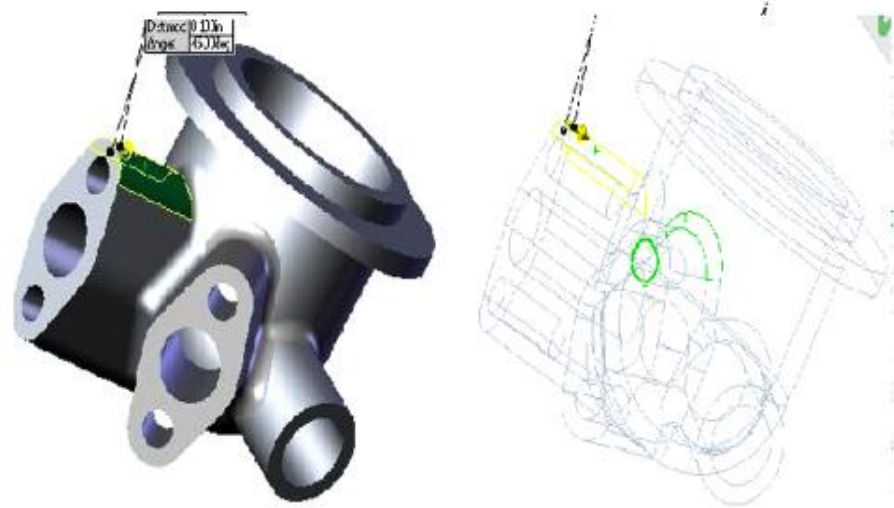
algumas informações como, por exemplo, volumétricas. Sua utilização ainda é muito frequente devido ao baixo custo de aquisição de softwares e por a formação acadêmica dos funcionários já contemplar a utilização de alguma ferramenta CAD 2D (FIGUEIRA, 2003).

A viabilidade de montagem de partes ou conjuntos foi propiciada a partir do surgimento da tecnologia de CAD 3D (CÁCERES, 2010). Este sistema tem como característica principal a representação geométrica em 3D de forma real. Este sistema pode gerar objetos com informações a cerca da superfície, propriedades mecânicas, centro de gravidade, volume etc. (BENAVENTE, 2011). Na elaboração de desenhos com a ferramenta CAD 3D o projetista é obrigado a considerar as três dimensões simultaneamente, como por exemplo, na aplicação de análises por elementos finitos para a verificação de tensões, escoamentos, temperatura, etc.

Os softwares de CAD 3D podem ainda ser divididos dependendo da solução que se pretende alcançar. Existem hoje, no mercado, softwares CAD 3D por superfície, que modelam superfícies designadas por formas livres, mais utilizados para montagem, pois permitem unir diversas peças para formação de conjuntos. Figueira (2003) apresenta os principais programas CAD presentes no mercado: AutoCAD, pioneiro dentre os programas, *ProEnginner*, *Solidworks (Unigraphics)*, *SolidEdge (Unigraphics)*, *PowerShape (Delcam)* e *Catia(Dassault)*. Várias são as vantagens apresentadas pelo autor para a utilização de ferramentas CAD, dentre elas destacam-se o aumento da capacidade do projetista ou engenheiro, melhor qualidade no projeto, melhor qualidade na comunicação, criação de um banco de dados inclusive para a manufatura. Espinoza e Schaeffer (2004), por sua vez, apresentam como benefício mais importante dos sistemas CAD a padronização gráfica, possibilitando que diferentes editores gráficos interpretem o desenho armazenando num arquivo padrão.

Como desvantagem, Figueira (2003) apresenta o custo de hardware, software e treinamento de funcionários. Um exemplo da utilização do CAD é apresentado na figura 2.8.

Figura 2.8 - A peça e seu possível desenho



Fonte: Espinoza e Schaeffer (2004)

CAE – Computer Aided Engineering

O termo CAE designa um conjunto de técnicas que permitem a avaliação de um produto quanto à necessidade de prever o comportamento real de seu projeto normalmente concebido em um software CAD. Sistemas CAE também poderiam ser substituídos pela construção e ensaio de protótipos, porém o custo de protótipos, bem como o tempo gasto para a sua produção, podem ser muitas vezes inviável. O avanço tecnológico permite que softwares simulem situações físicas reais de maneira bem completa, resultando em verdadeiros protótipos virtuais. Os modelos CAE baseados no método de elementos finitos separam um modelo de CAD em pequenas peças e resolvem um conjunto de equações algébricas para obter resultados desejados (FIGUEIRA, 2003).

Prototipagem virtual pode ser definida como o processo da utilização de protótipos virtuais ao invés, ou em conjunto com protótipos reais a fim de realizar testes quanto à inovação e características do projeto a ser analisado, como por exemplo, a funcionalidade e comportamento dinâmico do produto, interação humana com o produto e reação do produto com o ambiente (KRAIEM, 2001).

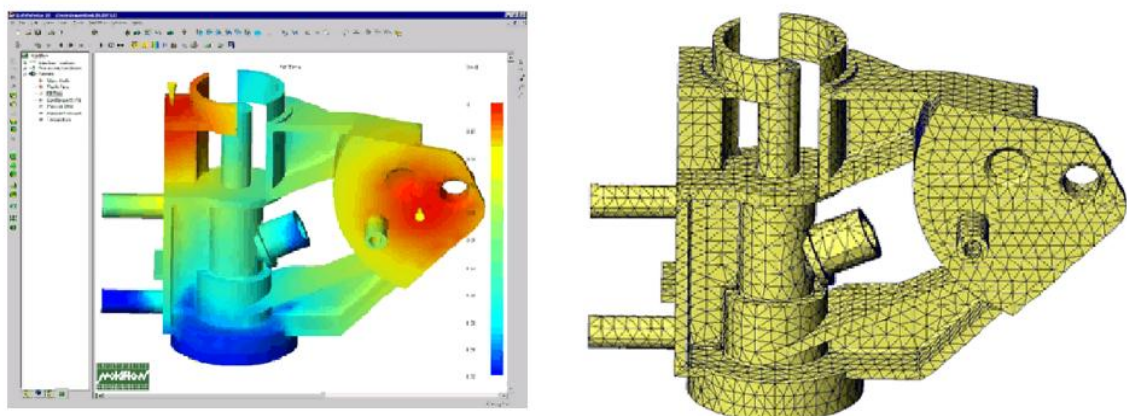
Sistemas CAE auxiliam em um grande número de pesquisas na área de engenharia, tais como mecânica dos fluídos, dinâmica, mecânica de materiais,

termodinâmica e robótica (CHRYSSOLOURIS *et al*, 2009). Na fase CAE são executadas etapas de simulação de processo como análise de tensões e deformações, análise estrutural - empregando o método de elementos finitos -, revisão de equações de conformação, preenchimento das matrizes, definição da necessidade de formas intermediárias etc. (ESPINOZA e SCHAEFFER, 2004).

Através da simulação de eventos mecânicos, a análise de movimento pode também ser adicionada à análise tradicional de elementos finitos. Desta forma a prototipagem virtual está cada vez mais comprovando a sua eficácia e substituindo protótipos reais. Como principal vantagem do CAE, apresentada por Figueira (2003), encontra-se a possibilidade de testar, simular e eventualmente validar produtos 3D, sem a necessidade de construção de protótipos físicos. Após a análise de todas as condições de conformação, as informações retornam para o CAD, a fim possibilitar a execução do ferramental. Também é possível a ocorrência de um processo iterativo entre softwares de desenho CAD e de simulação CAM até a otimização final do projeto (ESPINOZA e SCHAEFFER, 2004).

Os principais softwares CAE apresentados no mercado atualmente são *Catia* – *Cadam* (Dassault), *Daystar Software - Steel Designer*, *Algor (ALGOR)*, *Srac Cosmos (Structural Research& Analysis Corporation)*, *ANSYS*, *Unigraphics/I-DEAS*, *Moldflow Part Adviser* (FIGUEIRA, 2003) e (YUSTOS, 2009). Um exemplo de análise utilizando um software CAE é apresentado na figura 2.9.

Figura 2.9 - A simulação por elementos finitos nos permite otimizar o projeto final



Fonte: Espinoza e Schaeffer (2004)

CAM – Computer Aided Manufacturing

Depois do desenvolvimento otimizado de um projeto CAD com um rigoroso acompanhamento da análise sobre o efeito das variáveis no processo (CAE), realiza-se a etapa de fabricação do ferramental (CAM) (Espinoza e Schaeffer, 2004).

A definição de CAM de acordo com Kochan (1986) consiste em um processador e um pós-processador que dão ao computador o cérebro que ele precisa para entender e executar instruções. O processador calcula a trajetória de corte, de acordo com as instruções, e passa estas informações para o pós processador, que coloca os pontos coordenados do caminho de corte e as instruções do programa de peça para o avanço no formato que a máquina necessita para que esta possa interpretá-los (FERNEDA, 1999).

Conforme anteriormente mencionado, o custo de aquisição e treinamento de pessoal de softwares CAM é alto, além de na maioria dos casos fazer-se necessária a utilização de protótipos físicos. Para isto a tecnologia de prototipagem rápida, conceituada por Volpato et al (2007) como um processo de fabricação através da adição em forma de camadas planas e sucessivas com informações obtidas a partir de um modelo geométrico gerado no sistema CAD permite fabricar componentes físicos em três dimensões. Esta tecnologia pode também ser utilizada em conjunto com softwares CAM.

Alguns Softwares CAM conhecidos no mercado hoje são: *PowerMill*, *Mastercam* e *Solidcam*, *Catia*, *Moldflow Mold Adviser* (FIGUEIRA, 2003) e (YUSTOS, 2009).

2.1.6 Fábrica Digital na área de processos de operações

Conforme apresentado por Slack (2009), a atividade de produção encontra-se entre as atividades centrais de qualquer organização, pois esta satisfaz efetivamente as solicitações dos consumidores, agregando valor ao produto. Desta forma, o processo produtivo é uma das áreas que necessitam de maior relevância em uma organização. Fatores como a previsão de demanda de médio, longo e curto prazo, estão diretamente relacionados à capacidade do sistema produtivo e para satisfazer a necessidade do cliente faz-se muitas vezes necessária a ampliação de fábricas

e/ou o aumento da capacidade produtiva, caso a previsão da demanda apresente ascensão. Caso contrário, caso a curva da previsão da demanda apresente declínio, faz-se necessária a redução de custos por meio de otimizações de processos, venda de maquinário, redução de pessoal, entre outros. Portanto, tanto atividades operacionais como estratégicas fazem parte do gerenciamento da produção.

São muitas as variáveis que interferem em um processo de produção: capacidade de máquinas, tempo de ciclo de operações, operadores bem treinados, análise ergonômica de atividades, mix e sequenciamento de produção e, não menos importante, qualidade.

O desenvolvimento de produtos também requer interação direta com o desenvolvimento de processos. A introdução de um novo produto, bem como modificações em produtos já existentes, deve ser precisamente avaliada por processos de operações a fim de garantir a sua fabricação ou montagem coerentes. O estudo e validação de alterações que impactam no sistema produtivo, como visto anteriormente é algo muito complexo. As fábricas não podem perder tempo testando soluções para melhoria de processos e introdução de novos produtos. Neste contexto, a Fábrica Digital apresenta-se como um sistema capaz de prever, analisar e validar alterações no processo produtivo, respondendo a perguntas como o que aconteceria se tais modificações fossem realizadas.

Ferramentas de simulação computacional visam avaliar tais restrições e variáveis a fim de reduzir ao máximo o nível de incerteza de decisões. Soluções relacionadas a modificações de layout, infraestrutura predial, divisão de operações, treinamento de funcionários, análise ergonômica, análise e utilização de maquinários, capacidade produtiva, inserção de atividades automatizadas, robôs e avaliação destes, são facilmente avaliadas por ferramentas de Fábrica Digital.

A fim de possibilitar maior qualidade de trabalho, as ferramentas de Fábrica Digital que impactam diretamente no processo produtivo são descritas abaixo.

Simulação de layout

O desenvolvimento de layout de plantas no processo produtivo é um item de fundamental importância para o gerenciamento de produção. Além obviamente de levar em consideração análises técnicas, aspectos de gerenciamento de produção

podem eficientemente ser abordados. A disposição de equipamentos pode facilitar no fluxo do processo produtivo.

Layout de fábrica pode ser definido como a forma na qual os equipamentos estão dispostos em um ambiente fabril. A fim de facilitar o fluxo do processo produtivo, garantir maior eficiência e utilização dos equipamentos e redução de custos de transportes logísticos, a Fábrica Digital, através de ferramentas de simulação de *layouts* busca avaliar como os equipamentos de produção são melhor arranjados.

A tecnologia destas ferramentas proporciona um ambiente digital para lidar com *layouts* de fábricas construído com a utilização de modelos arquitetônicos, modelos de planta em 2D (duas dimensões) ou 3D (três dimensões). Modelos de máquinas e equipamentos ficam arquivados em biblioteca de recursos da Fábrica Digital, a partir destes modelos e suas localizações podem ser realizadas simulações nos desenhos de layout (Yang et al, 2008). O layout da planta é de fundamental importância para o funcionamento do sistema e muitas vezes torna-se necessário realizar ajustes devido a alterações no produto ou processo.

Com soluções da Fábrica Digital, torna-se possível avaliar alterações de posicionamento de equipamentos visando analisar a melhor rota logística e planejar a alteração baseada em pontos elétricos e equipamentos que se apresentam no ambiente buscando evitar colisões (Yang et al, 2008). Outro benefício é o design e revisão do layout antes da construção física do ambiente, buscando o posicionamento ideal dos equipamentos e evitando custos com transporte, caso o processo esteja ineficiente. Também se pode ter um benefício quanto ao tempo de replanejamento, visto que não se torna necessário reavaliar o processo (Ying, Feng e Hao, 2010).

Segundo Vidal (2006), uma técnica que tem sido muito utilizada em áreas que já possuem infraestrutura, processos, equipamentos, entre outras coisas, é o escaneamento de *layouts*. Por meio da utilização de um equipamento de *scanning*, pode-se realizar a digitalização da área, o que facilita muito o trabalho, porém, posteriormente, deve-se realizar uma avaliação e a construção precisa do layout.

As principais soluções de simulação de layout disponibilizadas atualmente no mercado são o *Microstation* da *Bentley*, o *AutoCAD Plant 3D* da *Autodesk*, o *FactoryCAD* da *Tecnomatix Siemens* e a *Dassault* com o *DELMIA*.

A figura 2.10 apresenta um exemplo de layout produtivo desenvolvido em um simulador de layout.

Figura 2.10 - *Layout produtivo em 3D*



Fonte: Vidal (2006)

Simulação computacional de fluxo de processo

Por meio da simulação e monitoramento de processos com a utilização de tecnologias da FD, pode-se realizar simulações em diferentes níveis de negócios. Os usuários adquirem não somente dados referentes ao processo de produção, mas podem observar animações 2D ou 3D relevantes para se obter uma impressão intuitiva sobre o funcionamento do sistema real (ZHOU et al, 2011). Também se torna possível investigar o fluxo de materiais e informações assim como fatores que afetam na operação do sistema de manufatura e com isso melhorar o design e o desempenho operacional do fluxo do processo produtivo (LEE, CHEUNG e LI, 2001).

A simulação de processo é aplicada com o intuito de reduzir a incerteza entre o design e o planejamento de produção e assim melhorar o fluxo do processo produtivo. Dados exportados do sistema como taxas de utilização de máquinas e eficiência do fluxo do processo produtivo, são avaliados e analisados com a utilização de métodos. Uma vez concluída esta etapa, pode-se aperfeiçoar o fluxo por meio do uso de alguns algoritmos multi-objetivos que priorizam indicadores. Este

ciclo pode ser repetido iterativamente a fim de se obter um menor risco e custo do fluxo do processo produtivo conforme nos ensina Yang et al (2008).

Através da modelagem de um sistema real, construída com o auxílio de softwares de simulação de fluxos de processos, pode-se prever como o sistema reage a diversas alterações no processo. Com *inputs* referentes a tempo de ciclos de máquinas, disponibilidades de máquinas, quantidade de operadores, tamanho dos lotes, mix de produtos, percentual de refluxo, pode-se obter resultados quanto a número de entrada e saídas de produtos, taxas de utilização de máquinas e mão de obra, capacidade do sistema, disponibilidade geral do sistema etc. Na modelagem virtual também se pode inserir buffers (estoques intermediários), depósitos, *springers* e verificar qual o seu impacto, da mesma forma que alterar tamanhos de lotes e reduzir tempos de ciclos de máquinas podem auxiliar no entendimento de como o sistema procede com a realização da simulação e então avaliar qual a melhor alternativa para o sistema proposto. Desta forma, realizar otimizações de processos no sistema real, com base em resultados de simulações, possibilita gastar tempo e recursos somente onde realmente é pertinente e não mais com otimizações muitas vezes desnecessárias. A análise de novos investimentos e maquinários também tem sido amplamente estudada com o auxílio de tecnologias de FD aplicadas a processos (FONSECA, 2007).

Atualmente existem diversos softwares para o desenvolvimento de simulação de fluxos de processo e fluxos logísticos, dentre estes se destacam: *GPSS*, *GASP*, *SIMSCRIPT*, *SIMAN*, *ARENA*, *PROMODEL*, *AUTOMOD*, *TAYLOY* e *PLANT SIMULATION*.

Simulação em áreas automatizadas com robôs

Sistemas de robótica são sistemas muito complexos e a utilização da Fábrica Digital pode auxiliar na melhoria de design, desenvolvimento e até mesmo funcionamento destes sistemas. Com a utilização de ferramentas de visualização e interfaces, a simulação do funcionamento de robôs torna-se ainda mais realista. Dependendo da aplicação da simulação, diferentes atributos estruturais e parâmetros funcionais necessitam ser modelados. Para isto existe uma ampla variedade de ferramentas que podem auxiliar na concepção mecânica de

manipuladores robóticos, sistema de controle e sistemas de programação *off-line*, segundo Žlajpah (2008).

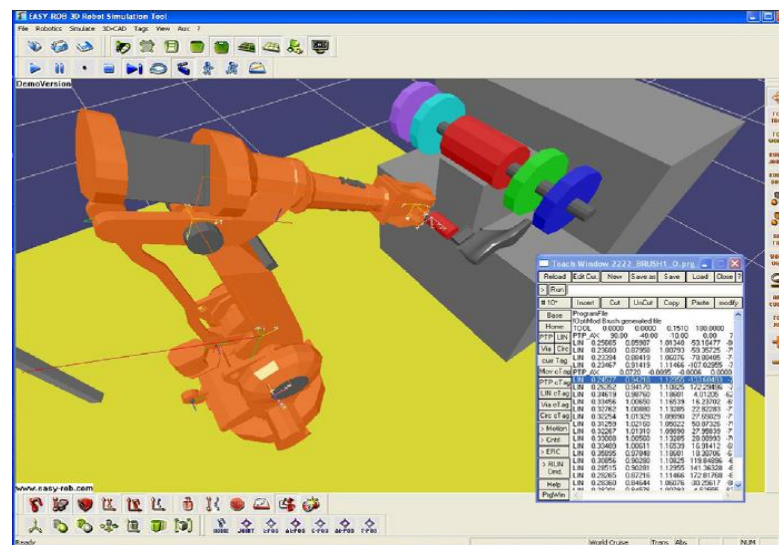
Segundo Pan et al (2012), estas ferramentas possibilitam a simulação de áreas robotizadas sem necessidade da existência de robôs físicos. Vidal (2006) apresenta como principais vantagens deste item a redução do tempo de manutenção de um sistema robótico e questões ergonômicas como o peso de alguns produtos, movimentação humana em áreas inseguras e manipulação de equipamentos. Além disso, de acordo com Henriques (2002), “a simulação possibilita um ambiente gráfico capaz de gerar interação com as diversas linguagens de programação de robôs existentes no mercado comercial”.

Segundo Vidal (2006), as principais avaliações realizadas em um ambiente virtual de simulação de robôs são o posicionamento do robô no *layout*, a sequencia de operações a serem realizadas, os equipamentos a serem utilizados, como manipuladores, pinças de solda, interferência nos movimentos com outros robôs, definindo uma sequencia de ambos, ciclo de operação e área de atuação.

Henriques (2002) apresenta em seu trabalho os principais simuladores comerciais que podem ser utilizados pela área da robótica, dentre estes se destacam: o GRASP, o primeiro simulador comercial desenvolvido pela *Nottingham University*, o *Robographics* da *Computervision* e o *IGRIP* da *Dassault Systems*. A *McAuto CAD* também comercializa uma série de pacotes para simulação de robôs. Alguns softwares possuem aplicações específicas, como o *PLACE*, que é utilizado para avaliação do *layout* de células robotizadas, e o *BUILD*, que é bastante usado para modelagem e estudos dinâmicos em 3D. Para a programação *off-line* é recomendado o *COMMAND* e o *ADJUST* para a calibração de robôs.

Sistemas baseados em estações gráficas são o *DENEB*, do grupo *Dassault*, e *ROBCAD* comercializado pela Siemens. O software *WORKSPACE* da *Flow Technologies* propicia a geração e interpretação de programas *off-line*. A figura 2.11 traz um exemplo de uma simulação de célula robotizada.

Figura 2.11 - Simulação de uma célula robotizada



Fonte: Zlajpah (2008)

Realidade Virtual

A realidade virtual (RV) pode ser definida como um ambiente de interação gerada pelo computador para simular a realidade, podendo levar a um mundo imaginário que pareça muito semelhante ao mundo real. Para que seja possível a criação de um ambiente de realidade virtual torna-se necessário conhecimento por parte dos projetistas quanto a áreas distintas: como a matemática e conceitos gráficos, leis da física com conceitos de gravidade, resistência do ar, velocidade, entre outros, a arte e a psicologia humana (KUMAR e ANNAMALAI, 2011).

A realidade virtual permite a navegação e a visualização por parte do usuário em um mundo de três dimensões e com seis graus de liberdade, através da capacidade do software de definir e a capacidade do hardware de reconhecer seis tipos de movimentos: para frente/para trás, acima/abaixo, esquerda/direita, inclinação para cima/para baixo, angulação à esquerda/à direita e rotação à esquerda/à direita. Desta forma, a interface em RV envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais que possibilita ao usuário a entrada em um espaço virtual a sua visualização, manipulação e até mesmo exploração de dados da aplicação em tempo real (NETTO, MACHADO e OLIVEIRA, NETTO et al., 1998, 2002).

A utilização de dispositivos não convencionais chamados de *datagloves*, capacetes de visualização e controle e luvas de dados, possibilita ao usuário a impressão de estar em um ambiente tridimensional, a exploração deste ambiente, bem como a manipulação natural dos objetos com a utilização das mãos (NETTO et al, 2002).

A partir de sensores acoplados ao corpo, faz-se possível, por meio da utilização de uma tecnologia chamada *motion caption*, realizar avaliações ergonômicas quanto ao processo estudado. A indústria automotiva é pioneira na utilização desta tecnologia. A figura 2.12 retrata um exemplo de traje de *motion caption* com diversos sensores acoplados ao corpo (BRACHT, GECKLER e WENZEL, 2011).

Figura 2.12 - Utilização do sistema *motion caption* para a captação de movimentos humanos



Fonte: Bracht, Geckler e Wenzel (2011)

A aplicação da realidade virtual pode ser encontrada nas mais diversas áreas da organização, como treinamento de funcionários (WATANUKI e KOJIMA, 2007; GOULDING et al, 2012), modelagem de sistemas, desenvolvimento de carros, planejamento de fábricas (MILLS e NOYES, 1998), simulação da produção, auxílio na divulgação de produtos e validação de protótipos (NETTO et al, 1998).

Atualmente existem softwares específicos para realidade virtual, como o CATIA/CADAM da IBM, ROBOCA/Man, FELxman Simulation, ADAMS/Car e VEDAM.

Como forma de resumir as ferramentas de TI, softwares, utilizadas na implementação da Fábrica Digital, o quadro 2.1 apresenta uma lista destas ferramentas, bem como suas áreas de atuação e atividades.

Quadro 2.1 - Áreas de atuação e principais softwares

Softwares de Manufatura Digital		
Áreas de Atuação	Atividades	Softwares
Produto	CAD	AutoCAD, ProEnginner, Solidworks, SolidEdge, PowerShape e Catia.
	CAE	Catia – Cadam, Daystar Software - Steel Designer, Algor, Srac Cosmo, ANSYS, Unigraphics/I-DEAS, Moldflow Part Advise
	CAM	PowerMill, Mastercam e Solidcam , Catia, Moldflow Mold Adviser
Processo	Layout	Microstation (Bentley), AutoCAD Plant 3D (Autodesk), FactoryCAD (Tecnomatix Siemens) e DELMIA (Dassault).
	Fluxo de Processo	GPSS, GASP, SIMSCRIPT, SIMAN, ARENA, PROMODEL, AUTOMOD, TAYLOY e PLANT SIMULATION.
	Robôs	GRASP, o Robographics , o IGRIP, PLACE, BUILD, COMMAND, ADJUST, DENEb, ROBCAD, WORKSPACE.
	Realidade Virtual	CATIA/CADAM, ROBOCA/Man, FELxman Simulation, ADAMS/Car e VEDAM.

Fonte: Desenvolvido pela autora

2.2 GERENCIAMENTOS DE PROJETOS DE FÁBRICA DIGITAL

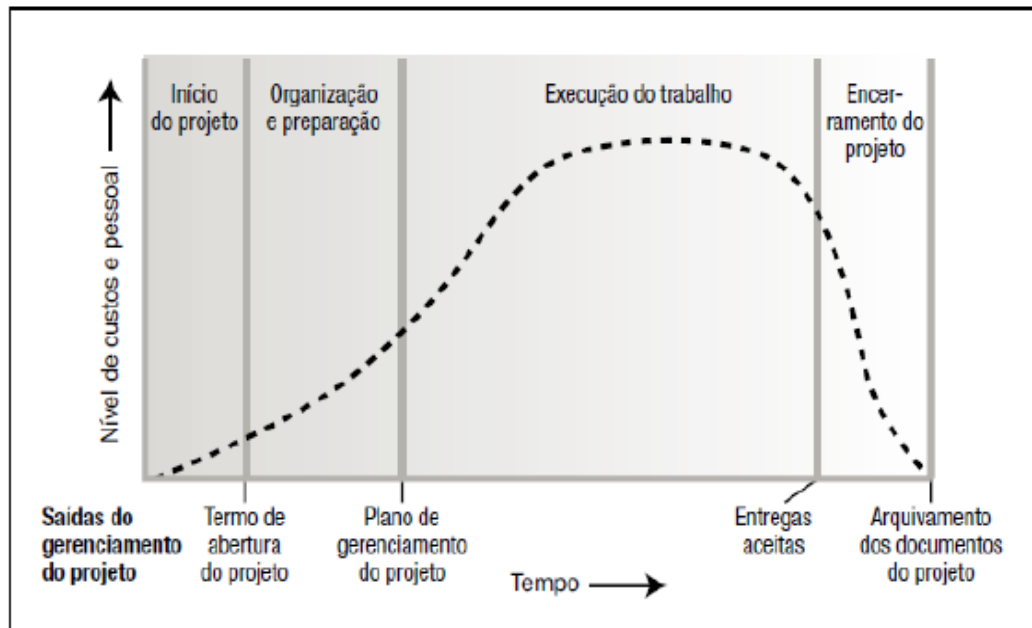
O gerenciamento de projetos (GP) é definido por Xavier (2005) como o ato de gerir e executar a gerência de um projeto. Segundo o autor, entende-se por gerência de projetos, o planejamento, execução e controle de projetos. Já o PMI (2008) define o gerenciamento de projetos como a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos. Chain, Corriveau e Vieira (2012) defendem que gerenciar projetos não é o fim, e sim, um meio para se atingir resultados.

Segundo o guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), desenvolvido pelo PMI (2008), um projeto pode ser definido da seguinte maneira:

Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A sua natureza temporária indica um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos tiverem sido atingidos ou quando se concluir que esses objetivos não serão atingidos e o projeto for encerrado, ou quando o mesmo não for mais necessário. Temporário não significa necessariamente de curta duração. Além disso, geralmente o termo temporário não se aplica ao produto, serviço ou resultado criado pelo projeto; a maioria dos projetos é realizada para criar um resultado duradouro (PMI, 2008, p. 11).

Os projetos ocorrem em praticamente todas as organizações e em todas as suas áreas e níveis, gerando produtos e/ou serviços para clientes internos e/ou externos. Para melhor planejar, executar e controlar um projeto, este é dividido em fases. O conjunto das fases sequenciais de um projeto determina o seu ciclo de vida (XAVIER, 2005). O ciclo de vida de um projeto pode ser documentado como uma metodologia e deve ser definido de acordo com aspectos exclusivos da organização, oferecendo uma estrutura básica para o gerenciamento do projeto (PMI, 2008). Um exemplo de ciclo de vida de um projeto é apresentado na figura 2.13.

Figura 2.13 – Nível típico de custos e pessoal ao longo do seu ciclo de vida

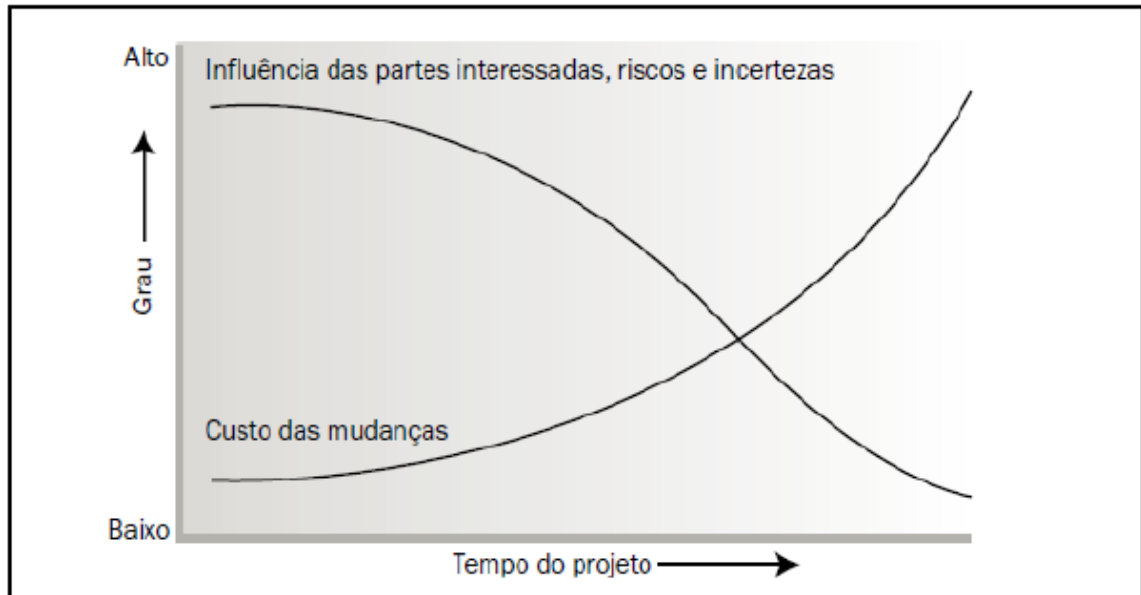


Fonte: PMI (2008)

Verifica-se, a partir da análise da figura, que o custo e a quantidade de pessoas integrantes da equipe são baixos nas fases de início e término do projeto. Porém, durante a fase intermediária este nível é elevado para a sua execução, pois é nesta fase que se concentram as aquisições, a contratação de pessoal dentre outros fatores que elevam o custo do projeto.

Já na figura 2.14 é tem-se a reação das variáveis de custo das mudanças, influência das partes interessadas e riscos e incertezas no decorrer do tempo do projeto. A figura demonstra que a influência das partes interessadas, os riscos e as incertezas apresentam-se elevados no início do projeto e são reduzidos de acordo com o aumento da certeza gerado a partir do seu conhecimento e execução. Já o custo de mudanças e correções de erros geralmente aumentam significativamente próximo ao término do projeto, pois é mais custoso realizar retrabalhos e alterações após a aprovação do projeto uma vez que as aquisições já foram realizadas, a equipe de pessoal já foi contratada e outras variáveis podem aumentar, impactando principalmente no custo do projeto.

Figura 2.14 - Impacto da variável com base no tempo decorrido do projeto



Fonte: PMI (2008)

Em muitos casos um projeto não apresenta benefício de forma isolada. Neste sentido, vale a pena destacar a definição de programa apresentada por Miccoli (2004). Segundo o autor um programa pode ser caracterizado como um grupo de projetos gerenciados de uma forma coordenada com o objetivo de se obter benefícios que um projeto isolado não alcançaria.

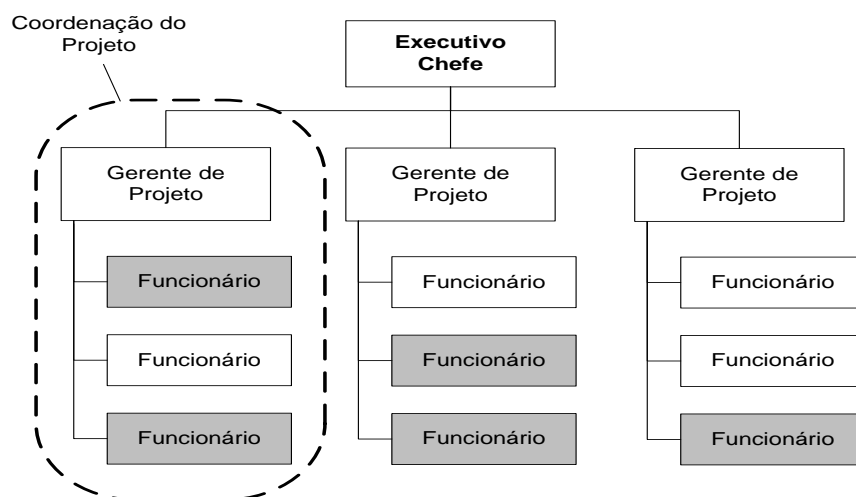
O compromisso básico dos projetos é obter a realização do resultado, que responde a uma necessidade ou problema. Controlar tempo, custos, riscos e qualidade, assim como outras variáveis, é condição para isso (MAXIMIANO et al, 2011). Segundo Sena et al (2011), escopo, tempo, custos e qualidade são as principais determinantes para que o objetivo de um projeto seja alcançado. O autor defende que para que o resultado de um projeto seja satisfatório é necessário que o objetivo esteja de acordo com o escopo, no prazo e no custo definidos e com qualidade adequada.

A norma de gerenciamento de projeto proposta no PMI (2008) fornece diretrizes que sugerem que o gerenciamento de projeto seja realizado por meio da aplicação e integração dos seguintes grupos de processos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento.

A norma PMI (2008) destaca ainda que a cultura, o estilo e a estrutura organizacional podem influenciar na maneira como os projetos são realizados. As organizações podem diferir-se quanto à cultura e aos estilos organizacionais, principalmente em pontos como visão, valores, políticas, métodos, visão das relações de autoridade, ética etc. Já quanto à estrutura organizacional, um projeto pode apresentar maior comunicação e mais facilidade na integração entre áreas caso a estrutura organizacional facilite os mesmos. As estruturas mais comumente utilizadas são funcional, matricial e projetada.

Um exemplo de uma estrutura organizacional projetada é apresentado na figura 2.15, em que um grupo é definido para atuar exclusivamente no projeto e o coordenador do projeto possui grande independência e autoridade.

Figura 2.15 – Organização projetada



Fonte: PMI (2008)

O PMI (2008) classifica os processos de gerenciamento de projetos de duas formas: grupos de processos e áreas de conhecimento. Os grupos de processos já foram apresentados anteriormente e dentro destes grupos encontram-se as áreas de conhecimento, que são divididas em integração, escopo, tempo, custos, recursos humanos, comunicação, riscos e aquisições do projeto, conforme apresentado no quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Mapeamento de grupos de processos de gerenciamento de projetos e áreas de conhecimento

Áreas de conhecimento	Grupo de processos de gerenciamento de projetos				
	Grupo de processos de iniciação	Grupo de processos de planejamento	Grupo de processos de execução	Grupo de processos de monitoramento e controle	Grupo de processos de encerramento
Gerenciamento da integração do projeto	4.1 Desenvolver o termo de abertura do projeto	4.2 Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto	4.3 Orientar e gerenciar a execução do projeto	4.4 Monitorar e controlar o trabalho do projeto 4.5 Realizar o controle integrado de mudanças	4.6 Encerrar o projeto ou fase
Gerenciamento do escopo do projeto		5.1 Coletar os requisitos 5.2 Definir o escopo 5.3 Criar a EAP		5.4 Verificar o escopo 5.5 Controlar o escopo	
Gerenciamento do tempo do projeto		6.1 Definir as atividades 6.2 Sequenciar as atividades 6.3 Estimar os recursos das atividades 6.4 Estimar as durações das atividades 6.5 Desenvolver o cronograma		6.6 Controlar o cronograma	
Gerenciamento dos custos do projeto		7.1 Estimar os custos 7.2 Determinar o orçamento		7.3 Controlar os custos	
Gerenciamento da qualidade do projeto		8.1 Planejar a qualidade	8.2 Realizar a garantia da qualidade	8.3 Realizar o controle da qualidade	
Gerenciamento de recursos humanos do projeto		9.1 Desenvolver o plano de recursos humanos	9.2 Mobilizar a equipe do projeto 9.3 Desenvolver a equipe do projeto 9.4 Gerenciar a equipe do projeto		
Gerenciamento das comunicações do projeto	10.1 Identificar as partes interessadas	10.2 Planejar as comunicações	10.3 Distribuir informações 10.4 Gerenciar as expectativas das partes interessadas	10.5 Reportar o desempenho	
Gerenciamento de riscos do projeto		11.1 Planejar o gerenciamento dos riscos 11.2 Identificar os riscos 11.3 Realizar a análise qualitativa dos riscos 11.4 Realizar a análise quantitativa dos riscos 11.5 Planejar as respostas aos riscos		11.6 Monitorar e controlar os riscos	
Gerenciamento de aquisições do projeto		12.1 Planejar as aquisições	12.2 Realizar as aquisições	12.3 Administrar as aquisições	12.4 Encerrar as aquisições

Fonte: PMI (2008)

Uma breve descrição das áreas de conhecimento bem como das atividades e processos contidos em cada uma delas, segundo o PMI (2008), é apresentada a seguir:

- ✓ O gerenciamento de integração do projeto define as atividades e os processos que integram os diversos elementos do gerenciamento de projetos;
- ✓ O gerenciamento de escopo do projeto descreve os processos que garantem que o projeto inclua todo o trabalho e somente o trabalho necessário para se obter sucesso do projeto;
- ✓ O gerenciamento de tempo do projeto abrange os processos que objetivam que o término do projeto seja realizado no prazo previsto;
- ✓ Já o gerenciamento de custos do projeto descreve os processos envolvidos em planejamento, estimativa, determinação do orçamento e controle de custos, objetivando que o projeto seja concluído dentro do orçamento aprovado;
- ✓ O gerenciamento da qualidade do projeto, por sua vez, apresenta processos de planejamento, monitoramento, controle e garantia para que se satisfaçam os requisitos de qualidade especificados no início do projeto;
- ✓ O gerenciamento de recursos humanos abrange os processos envolvidos no planejamento, contratação ou mobilização, desenvolvimento e gerenciamento da equipe do projeto;
- ✓ Gerenciamento das comunicações do projeto incluem processos relativos à geração, coleta, disseminação, armazenamento e destinação final das informações do projeto de forma oportuna e apropriada;
- ✓ O gerenciamento de riscos do projeto é descrito detalhadamente na seção 2.2.1, por ser um conceito fundamental para o desenvolvimento deste trabalho; e
- ✓ O gerenciamento de aquisições do projeto descreve os processos envolvidos na compra ou aquisição de produtos, serviços ou resultados para o projeto (PMI, 2008).

O quadro 2.2 ilustra também os quarenta e dois processos que o PMI (2008) sugere para a realização de um projeto. Cada projeto define a profundidade e a adoção de cada um destes processos.

2.2.1 Gerenciamento de riscos de projetos

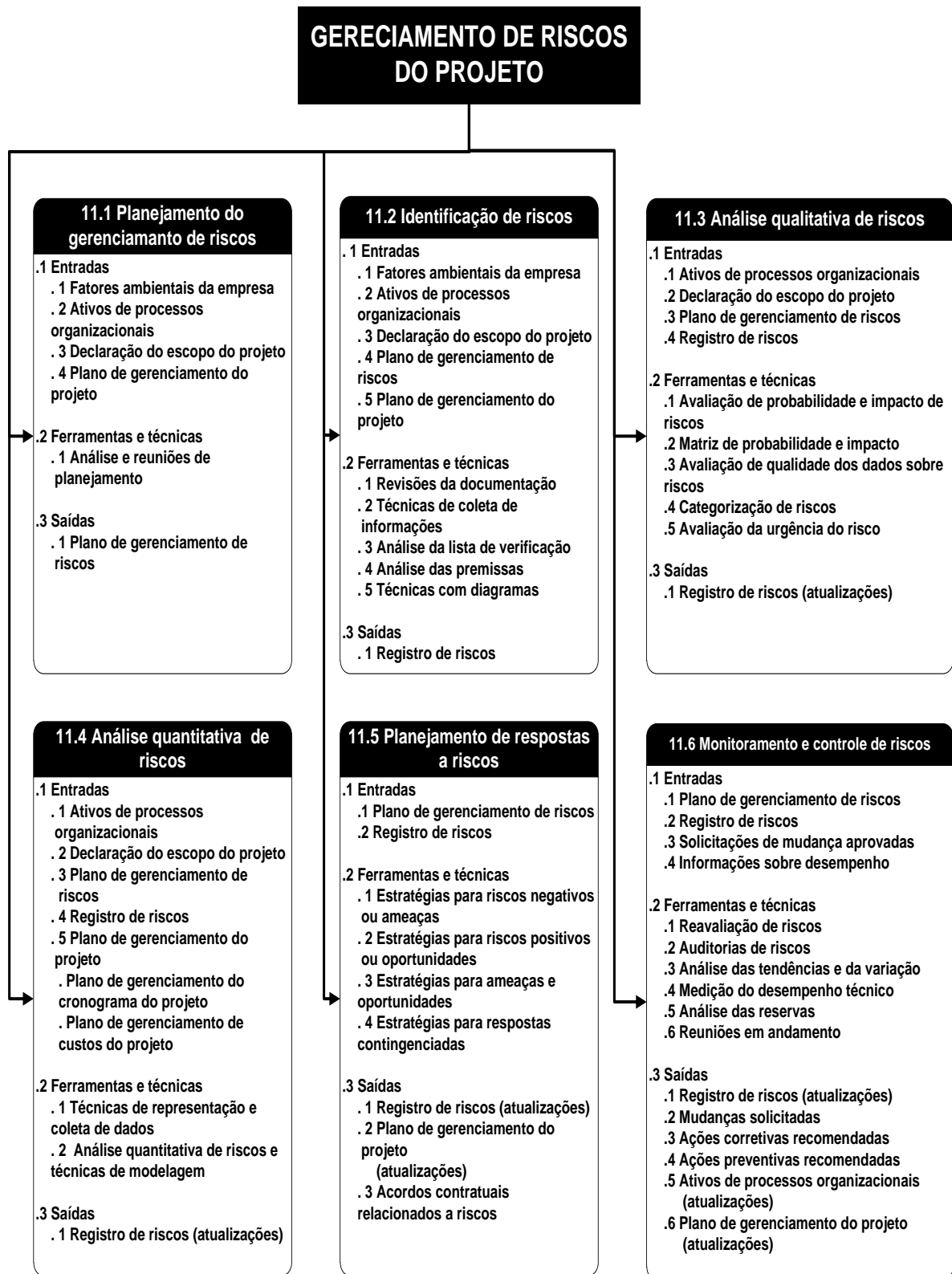
Segundo o PMI (2008), os objetivos do gerenciamento de riscos de projetos são aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos, bem como reduzir a probabilidade e o impacto dos eventos negativos do projeto. O guia define risco como um evento ou uma condição incerta que caso ocorra tem impacto direto em um dos objetivos do projeto.

Os objetivos do projeto podem incluir escopo, cronograma, custo e qualidade. Os riscos podem ser provenientes de uma ou mais causas, assim como, podem ocasionar um ou mais impactos.

O gerenciamento de riscos envolve um conjunto de procedimentos estruturados metodologicamente cujo objetivo é enfrentar de forma planejada e sistêmica os riscos de um projeto, proporcionando que mesmo aquisições de alto risco tenham êxito (ROVAI, 2005). O autor destaca também que a administração de riscos está totalmente relacionada com eventos futuros em que os resultados são desconhecidos e, desta forma, deve-se ao gerenciamento de riscos a arte de planejar, avaliando, controlando e monitorando ações que conduzam a resultados favoráveis para a organização.

A gestão de riscos é iniciada na fase de concepção do projeto, quando se levam em conta os riscos frente a estudos de viabilidade técnica e econômica, não somente relação custo/benefício, mas riscos atrelados a cada alternativa de implementação. Na fase de desenvolvimento e planejamento da solução, identificam-se eventos e condições de riscos que podem impactar positiva ou negativamente nos objetivos do projeto. Mediante avaliação e priorização, responde-se preventivamente ou reativamente aos riscos selecionados (ABDOLLAHYAN, 2012). A figura 2.16 retrata o resumo do gerenciamento de risco de projetos proposto pelo PMI (2008).

Figura 2.16 – Resumo do gerenciamento de riscos do projeto



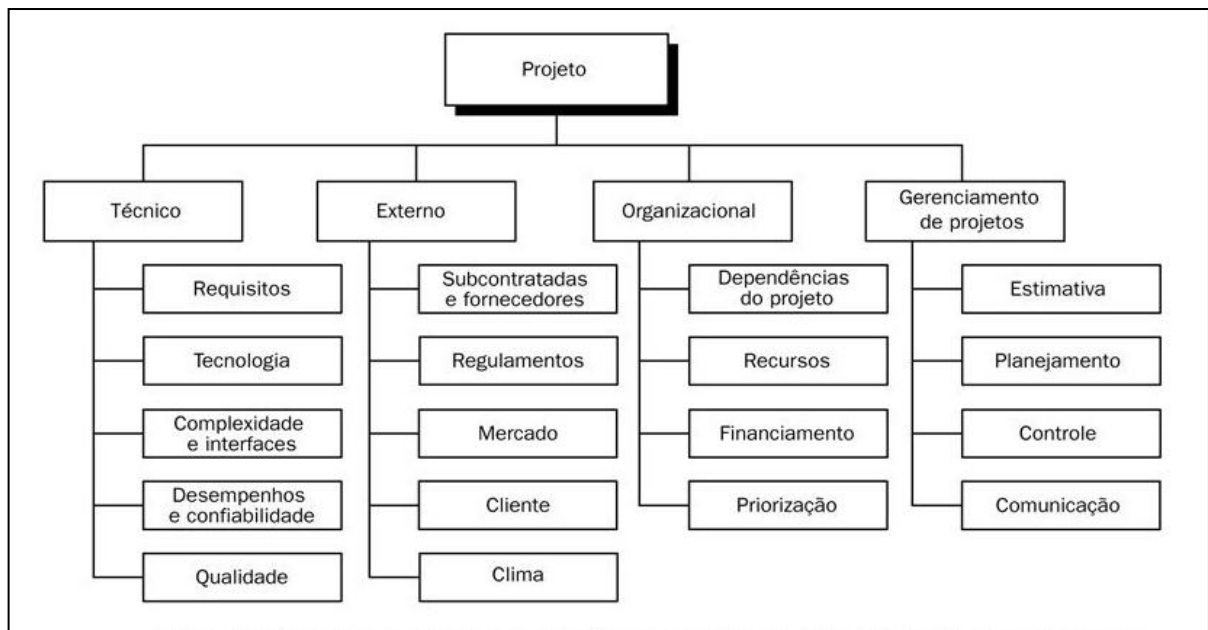
Fonte: PMI (2008)

Segundo o resumo, o gerenciamento de riscos de projetos deve ocorrer em 6 (seis) etapas. A primeira etapa corresponde ao planejamento do gerenciamento de risco, em que é definido como o processo de gerenciamento de riscos ocorre durante o projeto. A segunda etapa a ser realizada é a identificação dos riscos que podem afetar o projeto e suas características. Já na terceira etapa é realizada uma análise qualitativa dos riscos, em que o processo de priorização de riscos, ou a avaliação e combinação de sua probabilidade de ocorrência e impacto, é apresentada. Como quarta etapa é realizada uma análise quantitativa que investiga o efeito potencial do risco sobre o objetivo do projeto. Neste processo inclui-se tanto a análise de efeitos negativos quanto das oportunidades. A quinta etapa é constituída do processo de desenvolvimento de opções e ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças. O monitoramento e controle dos riscos constituem a sexta etapa.

Para Morano, Martins e Ferreira (2006) existem inúmeras técnicas de identificação, avaliação e análise de risco na literatura. Os autores apresentam de forma sucinta uma revisão da literatura com as diversas técnicas utilizadas na identificação de riscos potenciais de um projeto, sendo estas: *Brainstorming*, *Brainstorming* Eletrônico, Técnica Delphi, Entrevista/ Julgamento de Especialista, Identificação de Causa, Análise SWOT, *Checklist*, Diagrama de Causa e Efeito, Fluxograma, Diagrama de Influência, Técnica de Grupo Nominal, *Pondering*, Sinética, Criação de Cenários, Questionário e Abordagem baseada em Caso.

Para Rovai (2005), os riscos devem ser listados por categoria, sendo importante que sejam listadas todas as causas e efeitos destes riscos. Um exemplo de estrutura analítica, proposto pelo PMI (2008) encontra-se na figura 2.17 e é um exemplo das categorias de riscos que um projeto pode assumir.

Figura 2.17– Exemplo de uma estrutura analítica dos riscos (EAR)



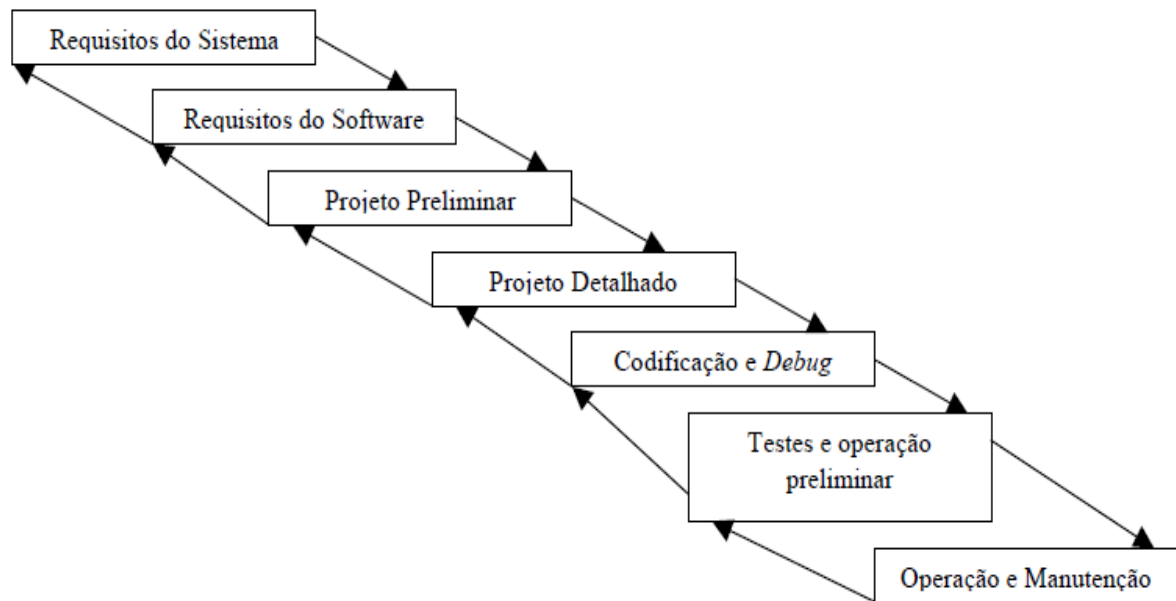
Fonte: PMI (2008)

A categorização de riscos fornece uma estrutura que possibilita a identificação de riscos em um nível mais detalhado e contribui para a qualidade do processo de identificação de riscos. A organização pode utilizar uma simples lista de categorias de riscos ou pode adotar uma estrutura analítica de riscos (EAR) que é uma representação organizada hierarquicamente dos riscos divididos por categorias e subcategorias (PMI, 2008).

2.2.2 Implementação de projetos na base de Tecnologia da Informação

Segundo Nakashima e Carvalho (2004), dois modelos são mais utilizados na implementação de projetos de softwares. O modelo cascata, desenvolvido por Royce (1970), apresenta um fluxo de trabalho sequencial, onde uma atividade ocorre somente após a conclusão da atividade predecessora. Este modelo credita a falsa impressão que o projeto encontra-se imune a riscos. A figura 2.18 retrata este modelo, conforme segue abaixo:

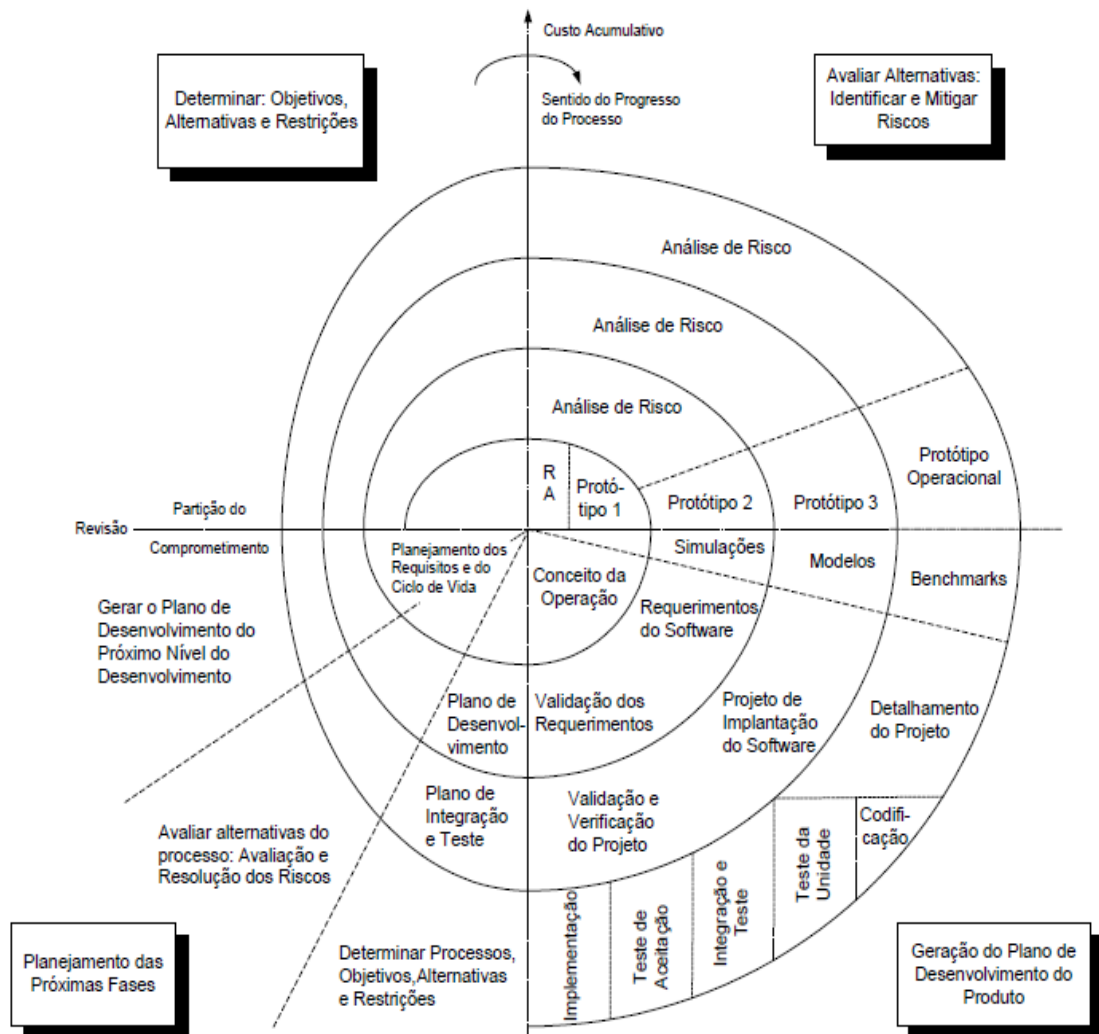
Figura 2.18– Modelo tipo cascata



Fonte: Royce (1970)

O modelo espiral, retratado na figura 2.19, foi desenvolvido por Boehm (1988). Este modelo possui uma representação espiral favorável à mitigação de riscos, porém é um modelo bastante complicado no entendimento do controle de tempo do processo (NAKASHIMA e CARVALHO, 2004).

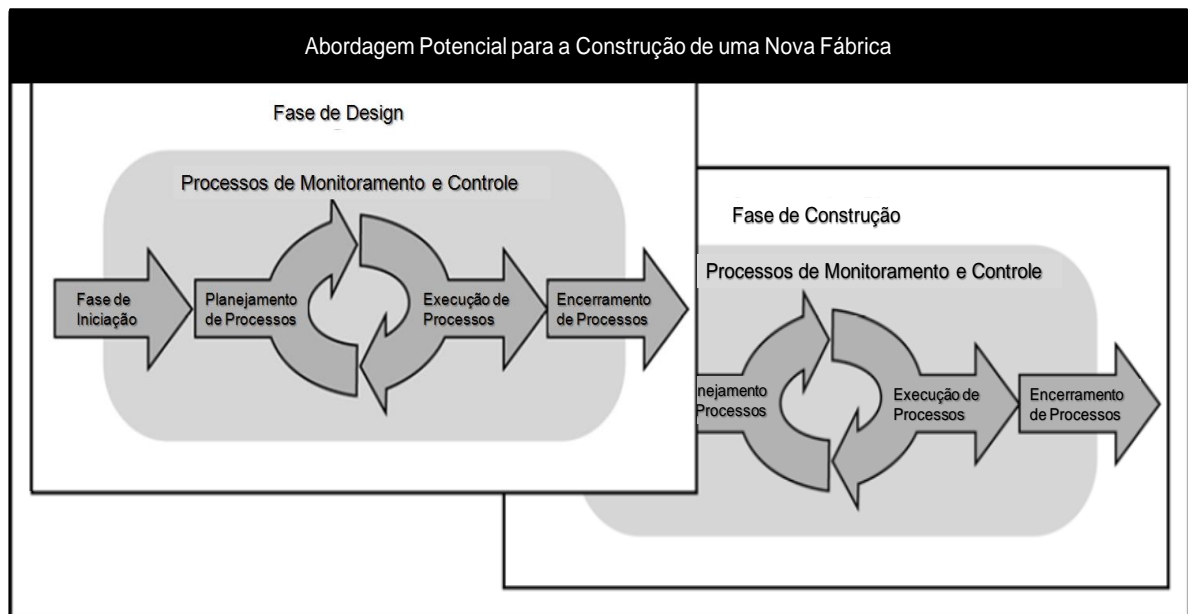
Figura 2.19 – Modelo tipo espiral



Fonte: Forsberg e Mooz (1996)

O modelo apresentado pelo PMI (2008) para a implementação de projeto prevê que as fases devem ser determinadas sequencialmente, isso facilita o controle da entrega de cada fase. Cada fase é iniciada a fim de especificar o que é permitido e esperado dela. Estas fases podem, em algumas situações, ser sobrepostas ou simultâneas. Isto ocorre quando existe uma necessidade de paralelismo entre as fases ou uma interatividade entre elas. A estrutura de fases facilita o gerenciamento, planejamento e controle do projeto. Um exemplo de projeto com fases sobrepostas é ilustrado na figura 2.20.

Figura 2.20 – Exemplo de um projeto com fases sobrepostas



Fonte: PMI (2008)

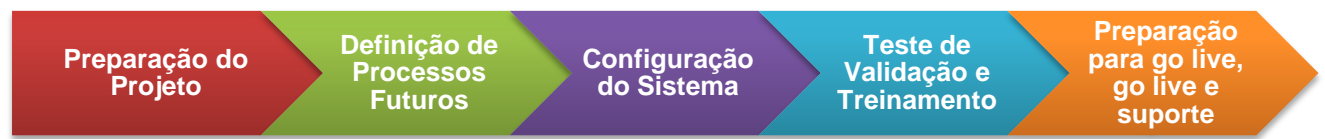
2.2.3 Implementação do projeto de Fábrica Digital em uma organização

A implantação da Fábrica Digital não se limita à instalação de aplicativos de softwares, sendo necessária a alteração da rotina de trabalho dos departamentos envolvidos, a fim de buscar que o sistema opere adequadamente e apresente resultados satisfatórios (PEREIRA, 2012).

Segundo Xavier (2005), cada implementação de uma nova tecnologia de informação em uma empresa deve ser tratada como um projeto. O autor relata que as fases variam de acordo com a tecnologia a ser implementada, no entanto é apresentada uma listagem que serve como modelo para a obtenção das fases do projeto. O autor apresenta as seguintes fases: definição, estudo de viabilidade, pesquisa, seleção da tecnologia/fornecedores, implementação e acompanhamento inicial da operação.

Neste contexto a fim de melhor compreender a implementação de um projeto de Fábrica Digital, apresenta-se a proposta metodológica para a implementação de um projeto de Fábrica Digital, proposta por De Carli (2008), conforme descrita na figura 2.21.

Figura 2.21 - Fases de implementação de Fábrica Digital



Fonte: De Carli (2010)

De Carli (2008) propõe de forma sucinta as fases de implementação de um projeto de Fábrica Digital, conforme descrito a seguir:

1ª Fase - Preparação do projeto. Esta fase contempla as definições iniciais do projeto como planejamento geral, cronograma, escopo, objetivos, requisitos de negócio, parceiros, equipes, papéis e responsabilidades, softwares, hardwares e a arquitetura básica de funcionamento dos softwares. Nesta fase são aprovadas as aquisições mais significativas de softwares, hardwares e serviços. Também são iniciados os treinamentos para a equipe do projeto.

2ª Fase - Definição dos processos futuros. Nesta fase é feito o mapeamento dos processos em prática na empresa, denominados "as is", dos principais problemas, das oportunidades, dos requisitos funcionais e de processos. Os parceiros (consultores) recomendam as melhores práticas a serem seguidas. São levantados os "gaps" entre os processos mapeados e as melhores práticas recomendadas e definidos os planos de mitigação destes "gaps". Também são identificadas as interfaces com os sistemas legados. O produto final desta fase é a definição dos processos futuros a serem implantados.

3ª Fase - Configuração do sistema. Nesta fase o sistema é configurado conforme os processos futuros e os requisitos definidos na fase anterior. Os sistemas complementares e interfaces, caso existam, também são construídos. Documenta-se a configuração construída.

4ª Fase - Testes de validação final e treinamento. Nesta fase são realizados os testes de integração da solução construída. O atendimento dos requisitos de negócios é validado. Toda a solução definida na fase de definição dos processos futuros (2ª Fase) é testada de forma integrada. Também tem início o treinamento dos usuários e o carregamento dos dados dos sistemas antigos para os sistemas novos.

5ª Fase - Preparação para *go live*, *go live* e suporte. Nesta fase é planejado o início de operação da nova solução nos novos sistemas e com os novos processos. São desligados os sistemas antigos e acionados os sistemas novos (DE CARLI, 2010, p. 559).

Apesar de todos os benefícios obtidos com a implementação da FD destacados na seção 2.1.2, a implementação desta tecnologia deve ser muito bem avaliada pela empresa, visto que, conforme exposto na metodologia por De Carli (2008), alterações de processos internos são necessárias além de alto investimento financeiro. Vidal (2006) apresenta algumas diretrizes, como forma de questionário para viabilizar a implementação da Fábrica Digital. São estas:

- Planejamento e projeto são desenvolvidos localmente?
- Quais foram os gastos com alterações devido a erros de projeto?
- Qual seria uma projeção destes custos nos próximos projetos?
- Quais softwares poderiam ser empregados para minimizar ou evitar estes erros?
- Há modificações ou otimizações nas atuais linhas de produção que poderiam ser melhor realizadas se fossem executadas através das ferramentas da Fábrica Digital?
- Há no próprio grupo aplicação destes softwares?
- Há possibilidades para estabelecer suporte na implantação, na capacitação dos funcionários e na aplicação do software?
- Como poderia ser constituída uma base de informações que permitisse uma interação dos sistemas existentes com aqueles que serão implantados?
- Qual o investimento necessário para capacitação, aquisição de softwares, de equipamentos, implantação, aplicação e manutenção do sistema? (VIDAL, 2006, p. 81).

Para Vidal (2006) somente através dos resultados obtidos com este questionário é que se pode analisar a viabilidade da implementação de um sistema de Fábrica Digital.

Quanto à equipe necessária para a implementação da Fábrica Digital, Willmann (2010) contextualiza a necessidade de uma equipe multidisciplinar com integrantes da área de TI e das diversas áreas em que o sistema será implementado. De acordo com o autor, estes colaboradores podem apresentar à equipe de projeto as principais necessidades e expectativas de suas áreas com relação à implementação do sistema, além de incentivarem a aceitação da implementação da FD nas respectivas áreas de trabalho.

O custo de aquisição de softwares da Fábrica Digital é alto, como pode ser visto no quadro⁵ 2.3 elaborado por Vidal (2006). Desta forma, torna-se imprescindível a escolha do software que melhor se adapte à realidade da organização. Outro fator importante para a escolha do software é a integração que este software pode realizar com os demais softwares já adquiridos pela empresa. É de fundamental importância que estes softwares sejam integrados e possam trocar arquivos. Vidal (2006) oferece uma listagem de softwares utilizada para a aplicação do conceito de Fábrica Digital na armação de carrocerias. Os valores apresentados referem-se a licenças individuais, exceto para o *ProjectWise*, cujo valor permite a aplicação em vinte e cinco estações. O autor ainda destaca que os softwares

⁵ Os valores relatados no quadro são relativos ao tempo da obra de Vidal (2006) e, portanto deve ser considerada a sua variação até a presente data.

precisam de manutenção anual, o que corresponde financeiramente a uma média anual de quinze por cento do valor do investimento do software.

Quadro 2.3 - Valores para os softwares mais utilizados na indústria automotiva

Software	Fabricante	Custo (US\$)	Requisitos
MicroStation	Bentley	4.000,00	Hardware 1
ProjectWise	Bentley	90.000,00	Hardware 1 (Client) + Hardware 2 (Server)
Catia	Dassault	15.000,00	Hardware 3
eM-Designer (eM-Planner)	UGS / Tecnomatix	30.000,00	Hardware 1 (Client) + Hardware 2 (Server)
eM-Workplace (Robcad)	UGS / Tecnomatix	45.000,00	Hardware 3
eM-Plant (Simple ++)	UGS / Tecnomatix	35.000,00	Hardware 1
DPE	Delmia	20.000,00	Hardware 1 (Client) + Hardware 2 (Server)
DPM	Delmia	50.000,00	Hardware 3

Fonte: Vidal (2006)

O quadro 2.4 também elaborado por Vidal (2006) relata os requisitos do sistema para operar estes softwares.

Quadro 2.4 - Equipamentos necessários para operar os softwares mencionados

Hardware	Tipo	Processador	Memória RAM	Observações
1	Client	P4 ou equivalente	512MB	Placa gráfica especial para sistema CAD com 128MB de memória (mínimo).
2	Server	Arquitetura de servidor com bi processamento	4 GB	Windows 2003 Server + Oracle + Storage System
3	Workstation	P4 ou equivalente	2 GB	Placa gráfica especial para sistema CAD com 512MB de memória.

Fonte: Vidal (2006)

Os resultados obtidos com o estudo realizado pelo CIMdata (2006), que analisou e avaliou a implementação da Fábrica Digital em diversas organizações foram positivos e apresentam o valor potencial das empresas que desejam adotar a FD, conforme quadro 2.5. O resultado do estudo realizado apresenta um retorno sobre o investimento anual de cerca de cinco a dez vezes mais do que o valor do investimento inicial, dependendo do porte da organização.

Quadro 2.5 - Valor demonstrado do retorno anual de Fábrica Digital

Fator	Tamanho da Implementação		
	Pequeno	Médio	Grande
Investimento Inicial	\$200K	\$ 1M	\$5M - \$10M
Investimento Anual	\$200K	\$ 1M	\$5M - \$10M
Saving Anual	\$ 1M	\$ 8M	\$50M - \$100M
Retorno Anual no Investimento Anual	5 para 1	8 para 1	10 para 1

Fonte: CIMdata (2006)

Desta forma, pode-se concluir que embora o investimento financeiro para a implementação da Fábrica Digital em uma organização seja alto, o retorno sobre o mesmo é apresentado muitas vezes de maneira muito positiva.

2.2.4 Fatores que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital

Embora o desenvolvimento da Fábrica Digital tenha se originado da evolução das tecnologias de informação e ambiente de negócios, ainda existem diversos problemas técnicos e sociais que dificultam sua implementação (LEE, CHEUNG e LI (2001). Oliva et al (2006) destaca que é muito comum que, sendo um processo de mudança, vários fatores externos ou internos ao processo de implementação possam vir a dificultá-lo. O autor apresenta também que o levantamento de fatores que interferem na implementação de sistemas visa contribuir para que os gestores de mudanças se conscientizem das dificuldades para a implementação.

Os fatores que impactam na implementação do projeto de Fábrica Digital serão inseridos na abordagem de gerenciamento de riscos de projetos, descrita na seção 2.2.1.

A identificação inicial destes fatores de risco ocorre através de uma revisão bibliográfica do assunto a fim de obter o conhecimento de fatores que já foram abordados na literatura e que demonstrem relevância. Segundo o modelo de implementação de Fábrica Digital apresentado por De Carli na figura 2.25, o gerenciamento de riscos ocorre já na segunda etapa do projeto. O autor apresenta os riscos como “*gaps*” e nesta etapa ainda são avaliadas as melhores práticas recomendadas e definidos os planos de mitigação destes “*gaps*”. Porém, neste trabalho será realizada somente a etapa que compete à identificação de fatores de risco.

É importante observar que a principal referência utilizada na presente seção e a qual permeia o trabalho, é a pesquisa realizada por De Carli (2010), neste contexto, é interessante apontar algumas considerações sobre as diferenças entre o trabalho desenvolvido por De Carli e a presente pesquisa. A pesquisa de De Carli (2010) tinha como foco a abordagem de FCS (Fatores Críticos de Sucesso). Esta abordagem trata de uma relação de itens que devem ser observados durante o planejamento, execução e controle de um projeto, a fim de que seus resultados sejam alcançados. Porém a metodologia de levantamento de Fatores Críticos de Sucesso considera somente uma quantidade pequena e limitada de fatores, chamados de diferenciadores entre as organizações, e que possuem grande influência sobre as relações da empresa com o ambiente (DE CARLI, 2010). O resultado da pesquisa de De Carli apresenta-se como uma lista de apenas nove fatores. Já a presente pesquisa está voltada para o levantamento de todos os fatores de risco que impactam na implementação da FD em uma organização, não restringindo, desta forma, o número destes fatores. Além disto, os fatores levantados por De Carli (2010) foram obtidos com base na literatura, possuindo foco na implementação de Sistemas Integrados de Manufatura, como o ERP, MRP e também sistemas PLM e Sistemas de Informação. Já o presente trabalho realiza o levantamento somente a partir de um referencial teórico voltado para a FD. Os dois trabalhos também se distinguem quanto à metodologia de realização da pesquisa. O trabalho de De Carli (2010) utiliza dos métodos Delphi e AHP para a realização dos

questionários. Enquanto a presente pesquisa adotou a escala de Likert para a seleção e priorização dos fatores.

Para o levantamento dos fatores de riscos de um projeto de Fábrica Digital com base na literatura, foram levados em consideração os seguintes trabalhos:

- a) O artigo de De Carli, Delamaro e Salomon (2010) que trata da identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de Fábrica Digital;
- b) O artigo sobre as aplicações da manufatura virtual no processamento de materiais da autoria de Lee, Cheung e Li (2001);
- c) A dissertação de mestrado que trata da aplicação do conceito de Fábrica Digital no planejamento de instalações para armação de carroçarias na indústria automobilística defendida por VIDAL (2006);
- d) O artigo de Porto *et al* (2002) que conceitua a Manufatura Virtual e apresenta os seus principais desafios;
- e) A tese de doutorado de Pereira (2012), que apresenta um método para a formalização da Manufatura Digital no planejamento de processos de uma fábrica;
- f) O artigo “Fábrica Virtual como um caminho para a fábrica do futuro”, de Azevedo e Almeida (2011), que evidencia a importância da FD e simulação computacional para o futuro, mostrando o funcionamento de um ambiente de Manufatura Virtual através de um estudo de caso e avaliando os benefícios e principais dificuldades do sistema; e
- g) O artigo de Souza, Sacco e Porto (2006), “Modelos de fábrica para estruturas de Fábricas Digitais”, no qual os autores avaliam modelos e ideias subjacentes para a implementação de novas fábricas apoiadas por novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) e infra-estruturas digitais.

A fim de proporcionar maior entendimento dos fatores levantados por meio da presente revisão bibliográfica, alguns deles serão expostos mais detalhadamente, ao passo que outros serão citados de forma mais breve.

Como resultado da pesquisa de De Carli (2010), tem-se os fatores apresentados a seguir como FCS na implementação da FD:

- ✓ Apoio e comprometimento contínuo da alta gerência;
- ✓ Gerenciamento efetivo da mudança ao longo do projeto. O autor descreve o fato de que as mudanças normalmente não são compreendidas pelas pessoas, visto que estas são impostas pela direção. Para isto se faz necessário que os objetivos do projeto bem como o caminho das mudanças sejam de conhecimento de todos;
- ✓ Abrangente reengenharia do negócio, ou seja, customizações mínimas, tamanho e complexidade do projeto e consenso em buscar o resultado bom o suficiente ao invés do resultado melhor disponível (por vezes inalcançável);
- ✓ Adequado papel do líder do projeto, que representa a composição adequada do time, documentação da visão do projeto, bom gerenciamento do escopo do projeto, desenvolvimento do projeto baseado em *milestones*, tomadores de decisão capacitados e autorizados, equipe do projeto motivada, infraestrutura e instalações para o projeto e conhecimento do software;
- ✓ Participação e comprometimento do usuário;
- ✓ Parceiros com conhecimento e experiência. O autor agrega a este fator a adequada estratégia de implementação do projeto, adequada versão do software, adequada configuração do software, arquitetura técnica/*performance* inadequadas e utilização apropriada dos consultores;
- ✓ Testes de aceitação do software;
- ✓ *Bugs* do software; e
- ✓ Confiança entre parceiros do projeto.

Nota-se que muitos fatores foram agrupados pelo autor a fim de estabelecer a metodologia de FCS.

Porto et al (2002) exhibe em seu artigo demais fatores que impactam na implementação da FD:

- ✓ O primeiro está relacionado à necessidade de integração das ferramentas, sistemas e dados (PORTO et al, 2002). Segundo o autor, softwares relevantes para a FD têm sido desenvolvidos como uma coleção de ferramentas individuais com pouca ou nenhuma ligação entre elas. Os problemas de integração são causados por diversos fatores que resultam na incompatibilidade das ferramentas de software. Vendedores de softwares comerciais tendem a operar em segredo para proteger as informações, especialmente quando um novo produto está sendo desenvolvido;
- ✓ O fator de gerenciamento das informações deve ser uma preocupação na implementação da FD, devido à grande quantidade de informações geradas pela análise de novos projetos. Este fator é reforçado pelo fato de as bases de dados computacionais envolverem alto investimento financeiro e esforço humano;
- ✓ O gerenciamento da configuração é o desafio associado ao desenvolvimento e uso de ambientes virtuais, que se considera a tarefa de assegurar que todas as ordens de engenharia de mudanças de projeto sejam refletidas nas simulações e modelos usados para criar e avaliar novos projetos;
- ✓ Velocidade operacional do sistema;
- ✓ *Know-how* humano em processos de manufatura e modelagem⁶;
- ✓ Capacidade de aprendizado e aquisição de conhecimentos;
- ✓ Questões culturais;
- ✓ Aspectos de gerenciamento de projeto;
- ✓ Questões econômicas; e
- ✓ Necessidade de treinamento para os funcionários.

Souza, Sacco e Porto (2006) confirmam o fator de integração das ferramentas, sistemas e dados, exposto acima por Porto et al, e que é aqui chamado de interoperabilidade de sistemas. Segundo os autores, atualmente existe uma

⁶ Westkämper (2007) aponta que a principal chave de sucesso da Fábrica Digital são os engenheiros. São eles que utilizam e necessitam das ferramentas de Fábrica Digital para melhorar a eficiência do processo e a aplicação de um trabalho simultâneo. O autor aponta também que na Alemanha dezesseis por cento dos trabalhadores de indústrias de manufatura são engenheiros e devido a este número existe uma maior adoção de tecnologias avançadas e inovadoras

lacuna no projeto de FD, que corresponde a este fator. O fato de existirem arquivos e sistemas com formatos diferenciados impacta diretamente na operação da FD.

Demais fatores, com os respectivos autores, encontram-se listados no quadro 2.6.

Quadro 2.6 – Fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital

	Fatores de risco	Autores
1	Conhecimento do software	De Carli e Delamaro (2007)
2	Testes de aceitação do software	De Carli e Delamaro (2007)
3	Adequada versão do software	De Carli e Delamaro (2007)
4	Adequado conhecimento dos sistemas legados (Migração dos dados)	De Carli e Delamaro (2007)
5	Adequada configuração do software	De Carli e Delamaro (2007)
6	Bugs do software	De Carli e Delamaro (2007)
7	Conhecimento dos usuários em inteligência artificial	Lee, Cheung e Li (2001)
8	Gerenciamento de banco de dados	Lee, Cheung e Li (2001); Azevedo e Almeida (2011)
9	Padrões de dados ou extensões de arquivos diferenciadas	Lee, Cheung e Li (2001); Souza, Sacco e Porto (2006)
10	Avaliações técnicas e padrões	Lee, Cheung e Li (2001)
11	Integração (interoperabilidade) das ferramentas, sistemas e dados.	Porto et al (2002); Souza, Sacco e Porto (2006); Azevedo e Almeida (2011)
12	Gerenciamento das informações	Porto et al (2002); Azevedo e Almeida (2011)
13	Gerenciamento da configuração	Porto et al (2002)
14	Arquitetura técnica/ performance inadequados	De Carli e Delamaro (2007)
15	Velocidade operacional do sistema	Porto et al (2002), Lee, Cheung e Li (2001), Hanwu (1996)
16	Composição adequada do time do projeto	De Carli e Delamaro (2007)
17	Documentação da visão do projeto (Planejamento, escopo, objetivos, organização, papéis e responsabilidades)	De Carli e Delamaro (2007)
18	Bom gerenciamento do escopo do projeto (Comitê diretor para avaliar mudanças)	De Carli e Delamaro (2007), Porto et al (2002)
19	Gerenciamento efetivo da mudança ao longo do projeto (Preparação das pessoas para a mudança)	De Carli e Delamaro (2007)
20	Abrangente reengenharia do negócio	De Carli e Delamaro (2007)
21	Adequado papel do líder do projeto	De Carli e Delamaro (2007)
22	Desenvolvimento do projeto baseado em "milestones" (Questões comerciais com parceiros atreladas ao cumprimento de etapas)	De Carli e Delamaro (2007)
23	Adequada estratégia de implementação do projeto (Entrada em operação, suporte)	De Carli e Delamaro (2007)
24	Tamanho e complexidade do projeto	De Carli e Delamaro (2007)
25	Forte comunicação interna e externa ao projeto	De Carli e Delamaro (2007)

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 2.6 (continuação) – Fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital

	Fatores de risco	Autores
26	Planejamento claro, com fases bem definidas e com recursos alocados	Menges (2005) apud Vidal (2006)
27	Falta de padronização das atividades de planejamento	Pereira (2012)
28	Adequado programa de treinamento (Equipe projeto, equipe suporte e usuários)	De Carli e Delamaro (2007), Porto et al (2002)
29	Acompanhamento, nas fases de implementação do conceito, com empresas competentes	Menges (2005) apud Vidal (2006)
30	Participação e comprometimento do usuário	De Carli e Delamaro (2007)
31	Equipe do projeto motivada	De Carli e Delamaro (2007)
32	Consenso em buscar o resultado bom o suficiente ao invés do resultado melhor disponível (Por vezes inalcançável)	De Carli e Delamaro (2007)
33	Tomadores de decisão capacitados e autorizados (Agilidade nas decisões)	De Carli e Delamaro (2007)
34	Confiança entre parceiros do projeto	De Carli e Delamaro (2007)
35	Utilização apropriada dos consultores (Como, quando, quantos)	De Carli e Delamaro (2007)
36	Conhecimento do funcionário quanto aos processos de manufatura, modelagem e representação	Lee, Cheung e Li (2001); Porto et al (2002)
37	Existência de um grupo que domine as ferramentas	Menges (2005) apud Vidal (2006); Pereira (2012)
38	Capacidade de aprendizado e aquisição de conhecimentos	Porto et al (2002)
39	Necessidade de capacitação dos planejadores ao uso dos aplicativos de softwares	Pereira (2012)
40	Aceitação segura das ferramentas, com reconhecimento em todos os níveis	Menges (2005) apud Vidal (2006)
41	Falta de suporte as ferramentas	Pereira (2012)
42	Confiança na manutenção das informações de forma que haja segurança para serem utilizadas nas simulações, com constantes revisões e atualizações	Menges (2005) apud Vidal (2006)
43	Apoio e comprometimento contínuo da alta gerência	De Carli e Delamaro (2007), Menges (2005) apud Vidal (2006)
44	Questões culturais, econômicas	Porto et al (2002)
45	Falta de aderência dos planejadores ao sistema de Fábrica Digital	Pereira (2012)
46	Dificuldade de mudança de mentalidade	Pereira (2012)
47	Questões econômicas que podem vir a inviabilizar o projeto	Porto et al (2002)
48	Parceiros com conhecimento e experiência	De Carli e Delamaro (2007)
49	Uma parceria com empresas que possam oferecer suporte quanto aos softwares utilizados	Menges (2005) apud Vidal (2006)
50	Customizações mínimas	De Carli e Delamaro (2007)
51	Infra-estrutura e instalações para o projeto (Salas, computadores, redes)	De Carli e Delamaro (2007)

Fonte: Desenvolvido pela autora

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos seguidos para a realização da pesquisa, evidenciando-se os seguintes aspectos: o método, o tipo de abordagem, seus objetivos e o procedimento técnico adotado.

3.1 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM METODOLÓGICA

A investigação científica está vinculada a um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos para que objetivos sejam atingidos. O propósito da investigação determina o método científico ou conjunto de operações empregado para realizar a investigação proposta. De acordo com o propósito da investigação, uma pesquisa pode ser classificada em dois grandes grupos: pesquisa pura ou aplicada. A pesquisa pura tem por finalidade o conhecer por conhecer, e a pesquisa aplicada decorre do desejo de conhecer com vistas a fazer algo de maneira mais eficiente ou eficaz (GIL, 2009).

A classificação do método científico é realizada de acordo com o objetivo e é composta por três categorias: (i) exploratória: visa explorar o problema de pesquisa, a fim de explicitá-lo e construir hipóteses; (ii) descritiva: descreve as características de determinado fenômeno; e (iii) explicativa: possui como objetivo identificar os elementos que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2009).

Após a seleção do método, deve-se optar pelo procedimento técnico adequado, que pode tomar a forma de pesquisa bibliográfica, documental, experimental, estudo de caso, *ex-post facto*, levantamento, pesquisa-ação, dentre outros (GIL, 2009; RAUPP e BEUREN, 2003).

A pesquisa pode também ser definida como qualitativa ou quantitativa, dependendo da abordagem do problema. A pesquisa qualitativa ocorre quando a subjetividade do estudo não pode ser traduzida em números, analisam-se os dados indutivamente. Já a pesquisa quantitativa, segundo Diehl e Tatim (2004), se caracteriza pelo uso de quantificação tanto na coleta quanto no tratamento das informações por meio de técnicas estatísticas. As conclusões estatísticas podem ser realizadas devido à existência de variáveis quantificáveis.

3.2 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

Este trabalho pode ser classificado quanto à sua finalidade como uma pesquisa aplicada.

Quanto ao objetivo geral, o trabalho dar-se-á na forma de uma pesquisa de caráter exploratória, visto que o objetivo da pesquisa é identificar, selecionar e priorizar os fatores de riscos que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma empresa multinacional do setor automotivo.

As técnicas de coleta de dados utilizadas na elaboração do presente trabalho são a pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Pesquisa bibliográfica porque os fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital foram identificados a partir da leitura de livros, teses, dissertações e artigos publicados. Além disto, esta revisão bibliográfica serviu como base para a elaboração de um questionário, o qual será explicado ao longo do presente capítulo. Estudo de caso, por sua vez, porque se busca o estudo e validação dos fatores de risco que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma empresa multinacional do setor automotivo. Segundo Gil (2009), o estudo de caso apresenta como propósito proporcionar uma visão global do problema ou identificar possíveis fatores que influenciam ou são por ele influenciados.

Além disso, a tipologia dos dados é secundária no que diz respeito à pesquisa bibliográfica e primária quanto ao estudo de caso.

Trata-se, ainda, quanto à técnica de análise de dados, de uma pesquisa qualitativa, visto que esta não resulta em variáveis quantificáveis. A figura 3.1 apresenta a classificação da pesquisa que será realizada na presente dissertação.

Figura 3.1 - Classificação da pesquisa



Fonte: Desenvolvido pela autora

3.3 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

O objetivo deste trabalho é identificar, selecionar e priorizar os fatores de riscos que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma empresa multinacional do setor automotivo.

Para alcançar esse objetivo e responder à questão desta pesquisa, foi desenvolvido um protocolo, apresentado no quadro 3.1. Este protocolo apresenta um passo a passo de como o estudo será desenvolvido e visa auxiliar na sua replicabilidade.

Quadro 3.1 - Objetivos específicos e seus desdobramentos.

Objetivos específicos	Desdobramentos		Etapa da Pesquisa
A: Fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital			
Identificar os fatores de risco que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma organização multinacional com base em uma revisão bibliográfica.	A1	Identificar os princípios básicos da Fábrica Digital, aplicações, ferramentas e benefícios.	Pesquisa bibliográfica
	A2	Levantamento dos principais fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital através da literatura.	
B: Seleção de Fatores			
Selecionar os fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital.	B1	Pré-seleção de fatores realizada pela autora. Construção do questionário e da entrevista (Anexos 04, 05 e 07).	Elaboração e aplicação da entrevista e questionário e seleção de fatores
	B2	Levantamento dos principais fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital através da aplicação dos questionários no estudo de campo (Anexos 04, 05 e 07).	
	B3	Avaliar as respostas dos respondentes e selecionar os fatores identificados por eles.	
C: Priorização de Fatores			
Estabelecer prioridade entre os fatores de risco com base no estudo de caso realizado	C1	Avaliar as respostas dos respondentes e priorizar os fatores com o auxílio da escala <i>Likert</i> já adotada no questionário.	Priorização dos fatores
	C1	Análise dos resultados obtidos com a pesquisa de estudo de campo.	
	C2	Apresentar as construções obtidas com o estudo realizado e os fatores resultantes do estudo	

Fonte: Desenvolvido pela autora

O quadro 3.1 retrata o protocolo que fornece um passo a passo descrito a seguir:

3.3.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é considerada etapa fundamental para o desenvolvimento de qualquer trabalho científico. Neste trabalho a sua importância é reforçada, pois visa proporcionar um resgate teórico de fatores que contribuem para que o objetivo final do trabalho seja alcançado.

Nesta etapa, o trabalho busca apresentar os conceitos fundamentais da Fábrica Digital, gerenciamento de projetos e identificar os fatores que impactam na implementação da FD através de um levantamento teórico de estudos acerca de implementação de projetos desta natureza. Ao final desta etapa o objetivo específico de identificar os fatores de risco que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma organização multinacional com base em uma revisão bibliográfica é atingido e está representado no quadro 2.5, o qual foi resultado da pesquisa bibliográfica e é aqui resgatado.

Quadro 2.5 – Fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital

	Fatores de risco	Autores
1	Conhecimento do software	De Carli e Delamaro (2007)
2	Testes de aceitação do software	De Carli e Delamaro (2007)
3	Adequada versão do software	De Carli e Delamaro (2007)
4	Adequado conhecimento dos sistemas legados (Migração dos dados)	De Carli e Delamaro (2007)
5	Adequada configuração do software	De Carli e Delamaro (2007)
6	Bugs do software	De Carli e Delamaro (2007)
7	Conhecimento dos usuários em inteligência artificial	Lee, Cheung e Li (2001)
8	Gerenciamento de banco de dados	Lee, Cheung e Li (2001); Azevedo e Almeida (2011)
9	Padrões de dados ou extensões de arquivos diferenciadas	Lee, Cheung e Li (2001); Souza, Sacco e Porto (2006)
10	Avaliações técnicas e padrões	Lee, Cheung e Li (2001)
11	Integração (interoperabilidade) das ferramentas, sistemas e dados.	Porto et al (2002); Souza, Sacco e Porto (2006); Azevedo e Almeida (2011)
12	Gerenciamento das informações	Porto et al (2002); Azevedo e Almeida (2011)
13	Gerenciamento da configuração	Porto et al (2002)
14	Arquitetura técnica/ performance inadequados	De Carli e Delamaro (2007)
15	Velocidade operacional do sistema	Porto et al (2002), Lee, Cheung e Li (2001), Hanwu (1996)
16	Composição adequada do time do projeto	De Carli e Delamaro (2007)
17	Documentação da visão do projeto (Planejamento, escopo, objetivos, organização, papéis e responsabilidades)	De Carli e Delamaro (2007)
18	Bom gerenciamento do escopo do projeto (Comitê diretor para avaliar mudanças)	De Carli e Delamaro (2007), Porto et al (2002)
19	Gerenciamento efetivo da mudança ao longo do projeto (Preparação das pessoas para a mudança)	De Carli e Delamaro (2007)
20	Abrangente reengenharia do negócio	De Carli e Delamaro (2007)
21	Adequado papel do líder do projeto	De Carli e Delamaro (2007)
22	Desenvolvimento do projeto baseado em "milestones" (Questões comerciais com parceiros atreladas ao cumprimento de etapas)	De Carli e Delamaro (2007)
23	Adequada estratégia de implementação do projeto (Entrada em operação, suporte)	De Carli e Delamaro (2007)
24	Tamanho e complexidade do projeto	De Carli e Delamaro (2007)
25	Forte comunicação interna e externa ao projeto	De Carli e Delamaro (2007)

Fonte: Desenvolvido pela autora

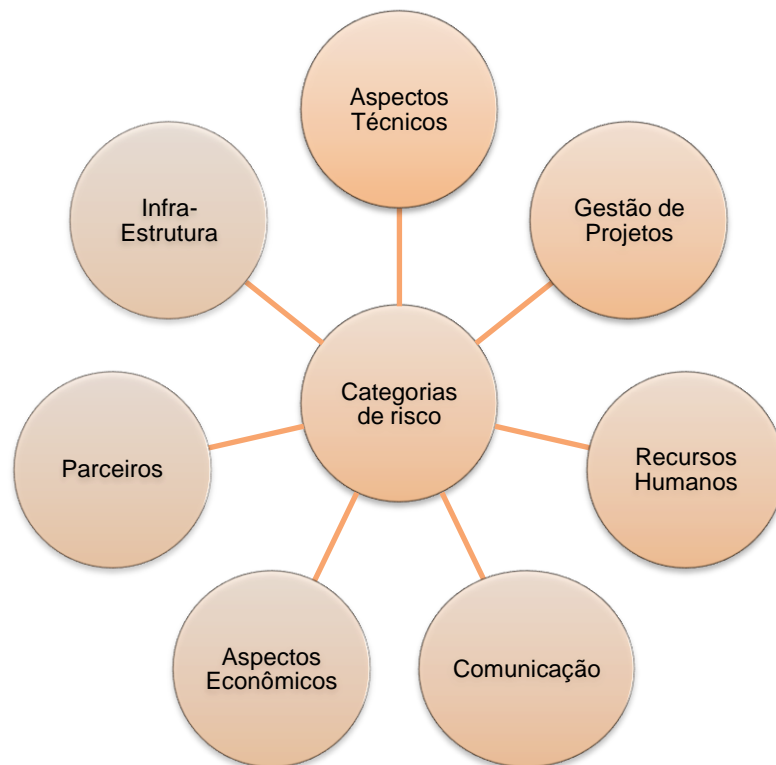
Quadro 2.5 – Fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital

	Fatores de risco	Autores
26	Planejamento claro, com fases bem definidas e com recursos alocados	Menges (2005) apud Vidal (2006)
27	Falta de padronização das atividades de planejamento	Pereira (2012)
28	Adequado programa de treinamento (Equipe projeto, equipe suporte e usuários)	De Carli e Delamaro (2007), Porto et al (2002)
29	Acompanhamento, nas fases de implementação do conceito, com empresas competentes	Menges (2005) apud Vidal (2006)
30	Participação e comprometimento do usuário	De Carli e Delamaro (2007)
31	Equipe do projeto motivada	De Carli e Delamaro (2007)
32	Consenso em buscar o resultado bom o suficiente ao invés do resultado melhor disponível (Por vezes inalcançável)	De Carli e Delamaro (2007)
33	Tomadores de decisão capacitados e autorizados (Agilidade nas decisões)	De Carli e Delamaro (2007)
34	Confiança entre parceiros do projeto	De Carli e Delamaro (2007)
35	Utilização apropriada dos consultores (Como, quando, quantos)	De Carli e Delamaro (2007)
36	Conhecimento do funcionário quanto aos processos de manufatura, modelagem e representação	Lee, Cheung e Li (2001); Porto et al (2002)
37	Existência de um grupo que domine as ferramentas	Menges (2005) apud Vidal (2006); Pereira (2012)
38	Capacidade de aprendizado e aquisição de conhecimentos	Porto et al (2002)
39	Necessidade de capacitação dos planejadores ao uso dos aplicativos de softwares	Pereira (2012)
40	Aceitação segura das ferramentas, com reconhecimento em todos os níveis	Menges (2005) apud Vidal (2006)
41	Falta de suporte as ferramentas	Pereira (2012)
42	Confiança na manutenção das informações de forma que haja segurança para serem utilizadas nas simulações, com constantes revisões e atualizações	Menges (2005) apud Vidal (2006)
43	Apoio e comprometimento contínuo da alta gerência	De Carli e Delamaro (2007), Menges (2005) apud Vidal (2006)
44	Questões culturais, econômicas	Porto et al (2002)
45	Falta de aderência dos planejadores ao sistema de Fábrica Digital	Pereira (2012)
46	Dificuldade de mudança de mentalidade	Pereira (2012)
47	Questões econômicas que podem vir a inviabilizar o projeto	Porto et al (2002)
48	Parceiros com conhecimento e experiência	De Carli e Delamaro (2007)
49	Uma parceria com empresas que possam oferecer suporte quanto aos softwares utilizados	Menges (2005) apud Vidal (2006)
50	Customizações mínimas	De Carli e Delamaro (2007)
51	Infra-estrutura e instalações para o projeto (Salas, computadores, redes)	De Carli e Delamaro (2007)

Fonte: Desenvolvido pela autora

Como forma de viabilizar a construção do questionário, os riscos foram classificados em categorias. Esta divisão em categorias conforme exibido na seção 2.2.1 pode ser uma simples lista de categorias de riscos ou uma estrutura analítica dos riscos. Para o PMI (2008), esta divisão em categorias diferencia-se em cada projeto, visto que as categorias não são as mesmas em todos os projetos. A classificação das categorias de risco deste trabalho exibida na figura 3.2 baseou-se no exemplo de estrutura analítica apresentado pelo PMI. No entanto, esta categorização somente será validada durante o estudo de caso.

Figura 3.2 – Categorias de risco do projeto de Fábrica Digital



Fonte: Desenvolvido pela autora

As categorias utilizadas pela autora para classificar os fatores impactantes são os aspectos técnicos, gestão de projetos, recursos humanos, comunicação, aspectos culturais, aspectos econômicos, parceiros e infra-estrutura, descritos a seguir:

- ✓ Os aspectos técnicos apresentam fatores relacionados aos softwares, sistema operacional, velocidade e banco de dados.

- ✓ Gestão de projetos tem como finalidade classificar os fatores da implementação do projeto de FD, que correspondem ao gerenciamento de projetos. Como exemplo tem-se fatores como o papel do líder do projeto, documentação do projeto, entre outros.
- ✓ Recursos humanos engloba fatores relacionados à equipe e mão de obra do projeto, como por exemplo, comprometimento dos participantes, confiança entre parceiros e capacitação destes.
- ✓ Já a categoria de comunicação apresenta somente um fator, sendo este correspondente à entrega de informações que representem o sistema real para que simulações sejam realizadas com sucesso, ou seja, a manutenção de sistemas com dados corretos.
- ✓ A categorização de aspectos culturais faz-se necessária a fim envolver fatores relacionados a mudança de mentalidade, comprometimento das áreas e questões culturais.
- ✓ As demais categorias selecionadas apresentam somente um fator sendo estes questões econômicas, dentro da categorização de aspectos econômicos; parceiros com conhecimento e experiência classificado como parceiros; e por último, mas não menos importante, a categoria de infraestrutura que apresenta o fator de infra-estrutura e instalações, como computadores, salas e redes.

A seleção dos fatores em cada categoria realizou-se de maneira a agrupar os fatores que melhor se enquadravam em cada uma das categorias. No exemplo de gestão de projetos, todos os fatores que apresentavam características de gerenciamento de projetos, como exemplo visão, documentação, time entre outros foram agrupados. Alguns fatores não foram selecionados nesta lista por apresentarem grande similaridade com outros fatores, e, desta forma, evitou-se a duplicidade de fatores. Já outros fatores foram descartados por serem muito específicos como é o caso do fator de desenvolvimento de projeto baseado em *milestones*.

Os fatores selecionados e classificados por categorias são listados no quadro 3.2., que segue abaixo:

Quadro 3.2 – Fatores que impactam na implementação da FD classificados por categoria

Categorias de risco		Fatores de risco
Aspectos Técnicos	1	Conhecimento do usuário quanto aos softwares empregados
	2	Necessidade da realização de testes de aceitação do software
	3	Versão do software
	4	Facilidade de configuração do software
	5	Nível de conhecimento dos sistemas legados (Migração dos dados)
	6	Velocidade operacional do sistema
	7	Avaliações técnicas e padrões
	8	Gerenciamento de banco de dados
	9	Gerenciamento das informações
	10	Padrões de dados ou extensões de arquivos diferenciadas
	11	Integração das ferramentas, sistemas e dados
Gestão de Projeto	12	Documentação da visão do projeto (Planejamento, escopo, objetivos, organização, papéis e responsabilidades)
	13	Gerenciamento do escopo do projeto (Comitê diretor para avaliar mudanças)
	14	Estratégia de implementação do projeto (Entrada em operação, suporte)
	15	Gerenciamento efetivo da mudança ao longo do projeto (Preparação das pessoas para a mudança)
	16	Acompanhamento nas fases de implementação do conceito
	17	Composição do time do projeto
	18	Programa de treinamento (Equipe projeto, equipe suporte e usuários)
	19	O desempenho do líder do projeto impacta no andamento do mesmo?
	20	Tamanho e complexidade do projeto
	21	Comunicação interna e externa ao projeto
	22	Padronização das atividades de planejamento
Recursos Humanos	23	Participação e comprometimento do usuário
	24	Consenso em buscar o resultado bom o suficiente ao invés do resultado melhor disponível (Por vezes inalcançável)
	25	Tomadores de decisão capacitados e autorizados (Agilidade nas decisões)
	26	Confiança entre parceiros do projeto
	27	Conhecimento do funcionário quanto aos processos de manufatura, modelagem e representação
	28	Capacidade do grupo de aprendizado e aquisição de conhecimentos
	29	Aceitação das ferramentas associadas ao projeto
	30	Suporte para as ferramentas
Comunicação	31	Entrega de informações que representem o sistema real para que simulações sejam realizadas com sucesso. Manutenção de sistemas com dados corretos
Aspectos Culturais	32	Apoio e comprometimento contínuo da alta gerência
	33	Questões culturais
	34	Falta de aderência dos planejadores aos conceitos de Fábrica Digital
	35	Mudança de mentalidade
Aspectos Econômicos	36	Questões econômicas
Parceiros	37	Parceiros com conhecimento e experiência
Infra- Estrutura	38	Infra-estrutura e instalações para o projeto (Salas, computadores, redes)

Fonte: Desenvolvido pela autora

3.3.2 Elaboração e aplicação da entrevista e questionário e seleção de fatores

Segundo Yin (2010), as seis fontes de evidências mais usadas na realização dos estudos de caso são a documentação, registros em arquivos, entrevistas, observações diretas, observação participante e artefatos físicos. Neste sentido, esta pesquisa apresenta como evidências de coleta de dados:

Entrevista direcionada estruturada, que é utilizada no estudo de caso para identificação de fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital que já tenham sido abordados pela empresa, e também para uma descrição detalhada das ferramentas e suas utilizações. A entrevista estruturada ocorre quando é orientada por um roteiro previamente definido e aplicado para todos os entrevistados. (MARTINS, 2006).

Questionário, também classificado como um tipo de entrevista, porém utilizado por meio de uma metodologia diferenciada. Conforme apresentado na seção 2.2.1 deste trabalho, o questionário encontra-se entre uma das técnicas de identificação, avaliação e análise de risco apresentadas na literatura. Desta forma justifica-se a sua aplicação no estudo de caso.

Estas duas evidências de coletas de dados são apresentadas nas seções seguintes.

3.2.1 Entrevista

Inicialmente foi desenvolvida uma entrevista direcionada estruturada (Anexo 01), com o intuito de confirmar o problema. Esta entrevista não teve como objetivo obter informações para o resultado efetivo do trabalho, mas constatar que o conceito de FD adotado pela empresa é similar ao constatado no estudo, verificar que existe um projeto de FD sendo implementado na empresa e adquirir apoio para a realização do trabalho.

Posteriormente foi desenvolvida uma entrevista direcionada estruturada (Anexo 04) com perguntas abertas e que foi aplicada somente aos gestores do projeto de Fábrica Digital, com o intuito de compreender melhor o conceito de FD adotado pela organização, bem como suas ferramentas computacionais e as áreas que a adotam. Nesta entrevista, também foram inseridas perguntas quanto aos

principais benefícios decorrentes da implementação do projeto de FD e o papel do projeto para os objetivos estratégicos da organização. A justificativa para cada pergunta é apresentada na Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Entrevista realizada aos gestores do projeto de FD

PERGUNTA	NECESSIDADE DA PERGUNTA
1. O conceito de Fábrica Digital adotado neste trabalho é apresentado como um sistema integrado que possibilita melhorar os processos de engenharia de produto e processos. A simulação é apresentada como tecnologia chave deste conceito e pode ser aplicada a modelos virtuais em diferentes níveis e estágios da organização a fim de aperfeiçoá-los. O conceito de Fábrica Digital que a empresa adota é o mesmo? Se não, qual o conceito adotado pela empresa?	Na literatura a FD é apresentada por diversos autores com conceitos diferenciados, podendo se tratar de um sistema integrado ou um conjunto de ferramentas computacionais, desta forma, torna-se necessário compreender o conceito adotado pela organização em que é realizado o estudo de campo.
2. Trata-se de um projeto corporativo?	Quando se trata de um projeto corporativo, as diretrizes de implementação do projeto são apresentadas pela matriz. Esta pergunta faz-se necessária para compreensão da amplitude do projeto e sua aceitação pelas filiais.
3. Quais ferramentas constituem a Fábrica Digital na organização? () CAD () CAM () CAE () Simulação de processos () Simulação de robôs () Realidade Virtual () Simulação de <i>Layout</i> () Possui alguma outra ferramenta? Quais?	São muitas as ferramentas apresentadas na literatura que podem constituir a FD. Com esta pergunta pode-se compreender quais ferramentas são adotadas pela empresa em que é realizado o estudo de caso.
4. Em quais áreas a organização adota a Fábrica Digital?	A FD pode estar presente nas mais diversas áreas da organização. Com esta pergunta serão identificadas as áreas envolvidas no projeto de FD no estudo de campo.
As fases de implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma organização encontradas na literatura são apresentadas abaixo: 1) Preparação do projeto 2) Definição de processos futuros 3) Configuração do sistema 4) Testes de validação e treinamento 5. 5) Preparação para <i>go live</i> , <i>go live</i> e suporte A implementação da Fábrica Digital na empresa possui as mesmas fases de implementação? Se sim, em qual fase de implementação encontra-se a empresa? Se não, quais são as fases de implementação da Fábrica Digital que a empresa adota e em qual fase ela se encontra?	Cada empresa apresenta um roteiro diferenciado de implementação do projeto de FD. O objetivo desta pergunta é comparar as fases de implementação apresentadas na literatura com as fases de implementação adotadas pela empresa de estudo de campo. Com esta pergunta torna-se possível também verificar o status de implementação do projeto de FD em que a empresa se encontra.

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 3.3 (continuação) – Entrevista realizada aos gestores do projeto de FD

PERGUNTA	NECESSIDADE DA PERGUNTA
6. A Fábrica Digital propicia diversos benefícios à organização. Na literatura foram destacados benefícios como a redução do tempo de lançamento (<i>time to market</i>), auxílio na tomada de decisão, redução dos custos de produção, aumento da qualidade etc. Para a empresa quais são os principais benefícios que a Fábrica Digital proporciona?	Qualquer projeto é implementado por uma organização somente quando ele apresenta retorno significativo. Com esta pergunta busca-se compreender quais benefícios a organização espera e quais benefícios já foram apresentados na implementação do projeto de FD.
7. Durante a implementação do Projeto de Fábrica Digital quais foram os principais fatores de riscos levantados e quais destes fatores apresentam maior impacto nos objetivos do projeto?	A resposta desta pergunta propicia informações para o levantamento de fatores que possam não ter sido apresentados na literatura. Também com esta pergunta pode se analisar como o gerenciamento do projeto de FD é tratado pela organização.
8. Existe um critério de classificação para estes fatores no processo de implementação?	Complementar a pergunta anterior. Tendo identificado os fatores de risco, torna-se necessário verificar em qual critério de classificação eles se encontram.
9. Quais são as causas para que estes fatores ocorram?	Complementar a pergunta 7. As causas dos fatores podem ser identificadas pela empresa com o intuito de impedir que estes fatores ocorram novamente.
10. Em sua opinião, qual o papel da Fábrica Digital para os objetivos estratégicos da organização?	Os objetivos estratégicos da organização precisam estar alinhados ao projeto para que o mesmo apresente o retorno esperado. Compreender o papel do projeto nestes objetivos é de fundamental importância para a adoção do projeto na organização.

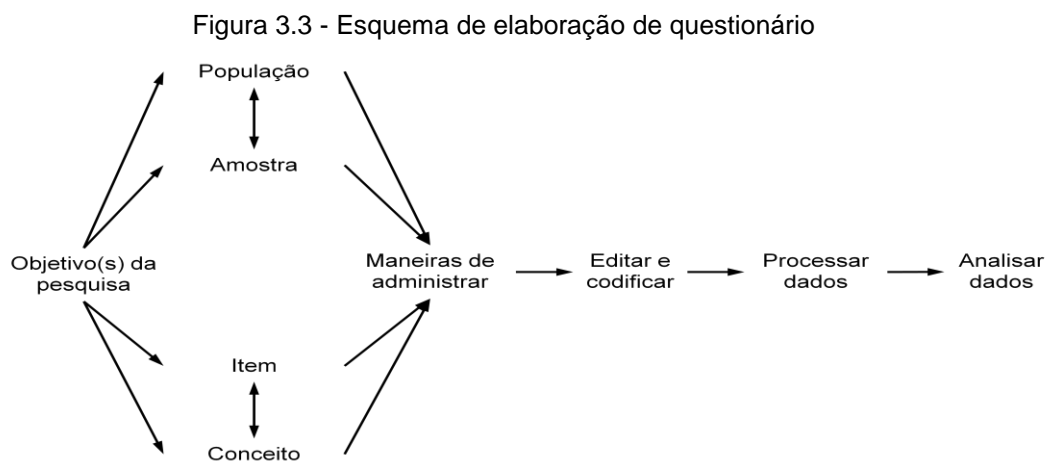
Fonte: Desenvolvido pela autora

3.2.2 Questionário

Segundo Günther (1999) há três caminhos para compreender o comportamento humano. O primeiro caminho trata da observação do comportamento que ocorre naturalmente no âmbito real; o segundo consiste em criar situações artificiais e a partir de então observar o comportamento do sistema; e, por fim, o último caminho busca realizar perguntas às pessoas sobre o que fazem e pensam. Este último caminho será foco da pesquisa realizada no presente trabalho, onde questionários são desenvolvidos a fim de levantar informações por meio de respostas obtidas dos entrevistados.

Já de acordo com Martins (2006), questionários são um conjunto ordenado e consistente de perguntas a respeito das variáveis e situações que se deseja medir ou descrever. A elaboração de um questionário apresentada na figura 3.3 mostra

que os objetivos de pesquisa justificam o público a ser analisado e os conceitos investigados em uma pesquisa. A amostra e os itens a serem analisados constituem a parte prática dos termos abstratos conceito e população. Após estabelecer a amostra e os itens a serem analisados, deve-se compreender as maneiras para administrar estes dados e a partir de então editar e codificar dados, processá-los e analisá-los.



Fonte: Schuman e Kalton (1985).

Neste contexto, a presente pesquisa possui como público alvo os gerentes de projetos de implementação de Fábrica Digital em organizações multinacionais do setor automotivo, bem como a equipe de suporte e implementação e especialistas na área.

Quanto aos itens a serem investigados, foi construído um questionário, apresentado no (Anexo 07) que foi utilizado para a seleção e priorização dos fatores, tendo sido este aplicado à equipe de suporte, gerente de projetos, especialistas e usuários da FD.

As hipóteses a serem testadas nesta pesquisa correspondem ao fato de cada um destes fatores impactar ou não na implementação de um projeto de Fábrica Digital, bem como classificar sua relevância.

O tipo de questionário a ser adotado em uma pesquisa é fundamental para que a pesquisa ocorra de forma correta. Para isto deve-se levar em consideração o formato de respostas que se deseja obter.

Segundo a literatura consultada, há três tipos de formatos: perguntas abertas, perguntas fechadas com escalas sociais e perguntas fechadas dicotômicas. Nas perguntas abertas, os respondentes apresentam suas opiniões livremente (MATTAR, 1994). Este tipo de pergunta é utilizada em situações onde a abrangência e variabilidade das respostas é desconhecida. Já as perguntas fechadas são mais utilizadas quando o pesquisador conhece os tópicos para concretização da pesquisa (GUNTHER, 2003). As perguntas fechadas são divididas em perguntas que contêm escalas sociais e de atitude ou dicotômicas. As escalas sociais e de atitude possibilitam a transformação de uma série qualitativa em variáveis quantitativas, viabilizando mensurações de diversos fenômenos sociais que não podem ser medidos por meio de variáveis qualitativas. As escalas sociais e de atitude consistem basicamente em uma série graduada de itens a respeito de uma situação, objeto ou representação simbólica. O respondente deve assinalar o grau que melhor represente sua percepção a respeito do objeto de análise para cada item que compõe o instrumento. As escalas mais utilizadas para estudo de caso são: *Likert*, Diferencial Semântico, Escalas de Importância e Escalas de Avaliação (MARTINS, 2006). O quadro 3.4 apresenta um resumo dos tipos de escalas que uma pesquisa pode apresentar.

Quadro 3.4 – Características de escalas nas ciências sociais.

Tipo de Escala	Características da Escala	Exemplos	Características Formais
Nominal	Números ou símbolos são utilizados somente para identificar pessoas, objetos, ou categorias	Placas de carro, Cor de cabelo, Local de nascimento, Estado civil	Equivalência ' = '
Ordinal	Características podem ser ordenadas numa dimensão subjacente	Ordem de chegada, Ordem de preferência, Status social, Escala de Likert	além da anterior – um item maior do que o outro ' > '
Intervalar	Características não somente podem ser ordenadas numa dimensão subjacente, mas intervalos têm tamanho conhecido e podem ser comparados	Escalas de Thurstone, Escala de Likert, Estimativas de distâncias, Temperatura em °C	além das anteriores – operações aritméticas nas diferenças entre os números representando eventos
Razão	Além das características da escala anterior, ainda existe um ponto zero absoluto	Salário, Tamanho, Tempo gasto com uma tarefa	além das anteriores, operações aritméticas nos próprios números

Fonte: Adaptado de Pasquali, (1997); Siegel, (1975); Sommer & Sommer, (1997).

Já questionários constituídos de perguntas fechadas dicotômicas apresentam respostas polarizadas em dois extremos, não captando respostas intermediárias (MATTAR, 1994).

O questionário resultante da pesquisa bibliográfica realizada foi desenvolvido com o intuito de criar um instrumento de coleta de dados que possibilite a seleção e priorização dos fatores que efetivamente impactam na implementação da FD no estudo de campo (Anexo 07). Com a finalidade de obter ao final do questionário a seleção e priorização dos fatores, utilizou-se como escala social e de atitude, a escala *Likert*.

Segundo Alexandre et al (2003), em geral a escala de *Likert* apresenta quatro ou cinco categorias ordinais. O autor ilustra uma escala de quatro categorias como, 0- nada importante, 1- pouco importante, 2- importante e 3- muito importante, e para cinco categorias, 0- muito baixo, 1- baixo, 2- médio, 3- alto e 4- muito alto. No entanto, o estudo realizado pelos autores destaca que o valor central da escala, no caso de se possuir um número ímpar de categorias, apresenta uma indecisão. A retirada da categoria central conduz o entrevistado a tomar uma decisão quanto a relevância do item. O presente estudo adota este mecanismo proposto pelos autores e retira das categorias da escala de *Likert* o componente central, que corresponde ao valor 2, como pode ser observado no questionário desenvolvido para aplicação em estudo de campo (Anexo 07).

3.3.3 Priorização de Fatores

Neste etapa é efetuada uma análise dos resultados obtidos com a aplicação dos questionários e, a partir desta, realizada a priorização dos fatores de risco que impactam na implementação da FD em uma organização.

Através de uma análise conjunta dos resultados obtidos a partir da aplicação da entrevista, do questionário na unidade da organização e dos conceitos analisados no referencial teórico, será possível apresentar uma discussão acerca dos fatores de risco que impactam na implementação do projeto de Fábrica Digital. O quadro 3.5, abaixo, traz a síntese dos procedimentos do desenvolvimento e aplicação do trabalho.

Também foi realizada uma análise estatística utilizando o teste qui quadrado para avaliar as respostas dos entrevistados. Para isto faz-se necessário descrever o teste Qui-quadrado e contextualizar sua utilização no presente trabalho.

3.3.4 Teste Qui- Quadrado

O teste do Qui- Quadrado, também simbolizado por X^2 , é utilizado para testar a hipótese se duas ou mais populações independentes diferem ou não com relação a uma determinada característica, ou seja, se a frequência com que os elementos da amostra se repartem pelas classes de uma variável nominal categorizada é ou não idêntica (MAROCO, 2007).

A aplicação dos questionários resulta em dados que devem ser organizados em tabelas de frequências absolutas, ou seja, tabelas de contingência. A partir de então, testam-se as hipóteses de existem ou não diferenças entre as amostras relativamente à distribuição nas classes da variável. A estatística deste teste é apresentada por (Siegel & Castellan, 1988):

$$X^2 = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^C \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Em que C é o numero de colunas e L é o número de linhas da tabela. E têm-se as fórmulas das frequências esperadas como:

$$E_{ij} = \frac{L_i \times C_j}{N}$$

Onde

$$L_i = \sum_{j=1}^C O_{ij} \quad \text{e} \quad C_j = \sum_{i=1}^L O_{ij}$$

Assim para um nível de significância (α) rejeita-se H_0 , ou seja, a hipótese de não existir diferenças entre as amostras relativamente à distribuição nas classes da variável se $X^2 \geq X_{1-\alpha}^2$.

No presente trabalho o teste de qui-quadrado foi utilizado para avaliar se as respostas obtidas com o questionário divergem quanto à formação e profissão dos entrevistados.

Quadro 3.5 - Síntese dos procedimentos do desenvolvimento e aplicação do projeto.

Objetivo Genérico		O objetivo deste trabalho é identificar, selecionar e priorizar os fatores de riscos que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma empresa multinacional do setor automotivo						
Objetivos específicos			Desdobramento	Estratégia de Pesquisa	Técnica de Pesquisa	Procedimentos Operacionais	Informações Levantadas	Participantes
A: Fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital								
a) Identificar os fatores de risco que impactam na implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma organização multinacional com base em uma revisão bibliográfica	A	A1	Identificar os princípios básicos da Fábrica Digital, aplicações, ferramentas e benefícios	Pesquisa Bibliográfica	Revisão bibliográfica	Acesso a bases de dados de periódicos (Springer, EBSCO, Scielo, Portal de Periódicos da CAPES), bases de dados de teses e dissertações (Portal da CAPES, USP, UFRGS, UFSC, UFRJ, UFPR, PUCPR)	Artigos técnico-científicos, teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos acadêmicos, Livros técnicos	Pesquisadora
		A2	Levantamento dos principais fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital através da literatura	Pesquisa Bibliográfica	Revisão bibliográfica	Acesso a bases de dados de periódicos (Springer, EBSCO, Scielo, Portal de Periódicos da CAPES), bases de dados de teses e dissertações (Portal da CAPES, USP, UFRGS, UFSC, UFRJ, UFPR, PUCPR)	Lista de fatores qua impactam na implementação da Fábrica Digital obtidos no estudo de campo	Pesquisadora
B: Seleção de Fatores								
b) Selecionar os fatores que impactam na implementação da FD		B1	Pré- seleção de fatores realizada pela autora. Construção do questionário e entrevista (Anexos 04 e 06)	Construção questionário	Análise de informações	Projeto e desenvolvimento de um questionário para aplicação no estudo de caso	Questionário construído a partir da lista de fatores qua impactam na implementação da Fábrica Digital obtidos na literatura	Pesquisadora
		B2	Levantamento dos principais fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital através da aplicação dos questionários no estudo de campo (Anexos 04 e 06)	Estudo de caso	Questionários (04 e 06)	Questionários	Questionários Aplicados	Pesquisadora e Especialistas
	B	B3	Avaliar as respostas dos respondentes e selecionar os fatores identificados por eles (Anexo 6)	Análise dos resutados	Análise e compilação das informações obtidas com o estudo de campo	Resultados e análises do estudo de caso	Lista com seleção dos fatores .	Pesquisadora e Especialistas
C: Priorização de Fatores								
c) Estabelecer prioridade entre os fatores de risco com base no estudo de caso realizado	C	C1	Avaliar as respostas dos respondentes e priorizar os fatores com o auxílio da escala Likert já adotada no questionário (Anexo 6)	Análise dos resutados	Análise e compilação das informações obtidas com o estudo de campo	Resultados e análises do estudo de caso	Lista com seleção dos fatores	Pesquisadora e Especialistas
		C2	Análise dos resultados obtidos com a pesquisa de estudo de campo	Análise dos resutados	Análise de informações	Resultados e análise do estudo de caso com base no referencial teórico	Resultados da pesquisa	Pequisadora
		C3	Apresentar as construções obtidas com o estudo realizado e os fatores resultantes do estudo	Construção de um estudo comparativo	Análise de informações	Resultados e análise do estudo de caso com base no referencial teórico	Resultados da pesquisa	Pequisadora

Fonte: Desenvolvido pela autora

4 RESULTADOS OBTIDOS COM O ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi conduzido em uma empresa multinacional que atua no setor automotivo. Para fins de pesquisa, a empresa será denominada empresa “A”.

Conforme demonstrado na figura 4.1, o estudo de caso realizado na empresa A, concentrou-se em três etapas para coleta de dados. Primeiramente foi realizada uma entrevista para a confirmação do problema (Anexo 01). Nesta entrevista inicial buscou-se avaliar se a empresa adota o mesmo conceito de FD apresentado no trabalho e obter a confirmação do interesse da empresa em realizar o estudo. Ainda nesta entrevista foram abordados os softwares adotados pela empresa e também quais áreas utilizam da tecnologia. A segunda etapa consistiu na aplicação de uma entrevista para gerentes do projeto de FD, a fim verificar se a empresa realiza o gerenciamento do projeto de FD e se a etapa de gerenciamento de risco do projeto foi realizada anteriormente pela organização. Também se buscou com esta entrevista compreender qual o papel da FD nos objetivos estratégicos da organização, assim como as etapas de implementação do projeto. Esta entrevista foi aplicada a dois gestores de duas unidades fabris da empresa A. A primeira unidade está localizada no Brasil e a segunda unidade localiza-se na Espanha. Estas duas entrevistas foram realizadas a fim de se comparar como a empresa apresenta o conceito de FD em duas unidades distintas. Esta entrevista foi abordada na seção 3.2.1 deste trabalho e consta nos Anexos 04 e 05 (versão em língua inglesa do questionário). Posteriormente o questionário (Anexo 07) apresentado na seção 3.2.2 foi aplicado ao líder do projeto, equipe de suporte e especialistas da unidade Brasil para que se pudesse obter como resultado a seleção e priorização dos fatores que impactam na implementação de um projeto de FD no estudo de caso.

Figura 4.1 – Fluxo de coleta de dados



Fonte: Desenvolvido pela autora

O resultado de cada uma destas etapas de coleta de dados é descrito nas seções seguintes.

4.1 RESULTADO DA ENTREVISTA INICIAL DE CONFIRMAÇÃO DO PROBLEMA

Visando confirmar o interesse da empresa em realizar o estudo que consta na presente pesquisa realizou-se uma visita prévia à empresa em que é realizado o estudo de caso, uma multinacional do setor automotivo com subsidiária no Brasil. A primeira parte da visita foi marcada pela apresentação do projeto de pesquisa detalhado e os temas que seriam nele abordados. Foram apresentados à equipe de implementação e suporte da FD os principais conceitos do sistema de FD contidos no referencial teórico deste trabalho, assim como a descrição das ferramentas nele abordado. Posteriormente foi realizada uma entrevista direcionada, semi-estruturada com os membros da equipe de suporte e implementação da FD (Anexo 01). Os resultados das questões contidas nesta entrevista são expostos a seguir.

A empresa A iniciou a implementação formal da FD na unidade do Brasil em 2006, apesar de anteriormente alguns treinamentos com softwares já terem sido realizados por alguns profissionais da unidade. Isto deveu-se ao fato de a FD constituir-se de um projeto corporativo que vem sendo implementado e testado pela unidade matriz já há algum tempo.

O conceito de FD adotado pela empresa A é de um conjunto de tecnologias (softwares) que integram diversas informações em um ambiente virtual, possibilitando a simulação, a análise e a tomada de decisão sobre processos produtivos/fabris e o desenvolvimento de produto. As principais ferramentas (softwares) utilizadas pela empresa e as respectivas áreas de adoção das ferramentas estão ilustrados na figura 4.2, abaixo.

Figura 4.2 - Modelo de Fábrica Digital do estudo de caso



Fonte: Desenvolvido pela autora

4.1.1 Ferramentas que compõe a Fábrica Digital

Uma breve descrição quanto à utilização das ferramentas que compõe a FD da empresa A e respectivas áreas de aplicação são apresentadas nos tópicos a seguir.

Aplicação da Fábrica Digital na Área de Engenharia de Produto

O Projeto de FD, na empresa estudada, apresenta ferramentas computacionais para a área de Engenharia de Produto. Seu foco, entretanto, concentra-se na área de Engenharia de Manufatura. Na Engenharia de Produto a FD ainda está sendo pouco utilizada, porém o conceito consiste no processo de tornar o produto mais manufaturável, ou seja, *design for manufacturing*⁷.

⁷ Entende-se por *Design for Manufacturing*, o desenvolvimento de um produto que atenda todos os requisitos funcionais, tenha baixo custo de produção e seja de facilmente manufaturável (BARBOSA, 2007).

Aplicação da simulação de layouts

A empresa A utiliza como ferramenta de simulação de *layout* o *Microstation* da *Bentley*. As suas principais aplicações são voltadas para o desenvolvimento de *layouts* de novas linhas de produção e para otimizações de *layouts* de linhas de produção que já se encontram em funcionamento. Para as instalações de novas linhas de produção, os simuladores de *layout* possibilitam avaliações do projeto de instalação elétrica, pneumática, de sistemas de exaustão e de sistemas de refrigeração, bem como avaliação de interferências e avaliação do fluxo produtivo a fim de evitar perdas por movimentação e redução de estoque.

Nos *layouts* de linhas já existentes, a empresa A utiliza a ferramenta de *scanning* para maior facilidade de obtenção do *layout* utilizado no processo. Com esta ferramenta torna possível por meio de escaneamento transformar o ambiente real em um ambiente digital. O ambiente de *layout* digital deve ser revisado, pois, muitas vezes, algumas modificações são necessárias para melhor caracterizar o sistema.

Aplicação da simulação de processos

A adoção da ferramenta de simulação de processos ou simulação de fluxo é utilizada principalmente pelas áreas de Engenharia de Manufatura e Engenharia Industrial. A adoção da ferramenta na área de Engenharia de Manufatura é realizada com o intuito de viabilizar, testar e validar novos processos de produção. Já na área de Engenharia Industrial esta ferramenta se concentra na otimização do processo produtivo e análise e validação da aquisição de novos equipamentos. A empresa utiliza-se do software *Plant Simulation* da *Siemens* para desenvolver estas simulações.

Simulação com robôs

Na empresa A, o simulador utilizado para a área da robótica é o *Robcad*, que possibilita a simulação, otimização, validação e programação *off-line* de processos

de produção automatizados. O *Robcad* também possibilita o cálculo das durações dos ciclos nos vários estágios do processo.

As principais aplicações da empresa para este software concentram-se no posicionamento de robôs no *layout*, avaliação da interferência nos movimentos com outros robôs, peças, suportes de segurança, definição de sequências de operações e tempos de ciclo etc.

Processos

A simulação realizada em *CATIA* corresponde ao desenho dos meios e tem por finalidade verificar a geometria dos equipamentos e avaliar um produto no processo. As simulações avaliam o comportamento por meio de situações reais, tais como análise de tensões e deformações, análise estrutural, revisão de equações de conformação entre outras. Esta ferramenta é utilizada por planejadores de processos que avaliam como os equipamentos ou máquinas devem ser projetados.

Aplicação da realidade virtual

A aplicação da realidade virtual na empresa em que é realizado o estudo de caso está em sua fase inicial. A empresa busca na tecnologia *motion caption*, de captação de movimentos por *datagloves*, avaliar postos ergonomicamente críticos. Através de sensores acoplados ao corpo, o hardware capta os movimentos, os registra e reproduz em tempo real através de um personagem no computador. Com outro software *Simulate Human*, a avaliação ergonômica se torna possível.

A idéia da empresa é avaliar todos os postos de trabalho através da interação dos dois softwares e desta forma simular a melhor condição operacional ao homem. Isto será possível tanto para a avaliação de novos processos, quanto para a reavaliação de processos já existentes.

Controle de processos

A simulação de controle de processo está relacionada à documentação das informações dos processos como sequência de operações, ferramentas e meios

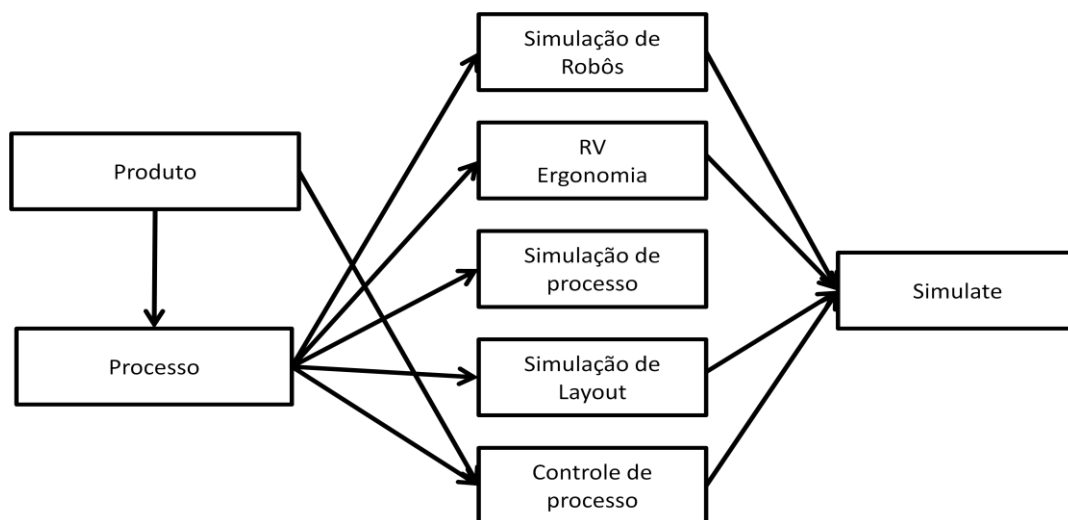
utilizados em cada processo, matérias primas, tempo de ciclo etc. A empresa A utiliza-se do software *Process Design* da *Siemens* para realizar este tipo de simulação e a área de adoção desta ferramenta está voltada para planejadores de processos, ou seja, Engenharia de Manufatura.

Simulação de meios

A simulação dos meios, considerada pela empresa A, corresponde à análise do processo, ou seja, a avaliação da sequência de operações realizadas por um determinado equipamento (meio) quanto às interferências, simulações humanas e ergonômicas, manufaturabilidade correta, entre outras. A empresa A adota o software *Simulate* para a realização deste tipo de simulação.

A figura 4.3 retrata a integração entre as diversas ferramentas de FD na organização, em que dados dos produtos, são convertidos para o formato que se trabalha no processo e, a partir de então, são realizadas simulações que podem ser de robôs, ergonômicas, de fluxo ou processo, *layout* e controle do processo.

Figura 4.3 – Integração das ferramentas utilizadas pela empresa A



Fonte: Desenvolvido pela autora

O quadro 4.1 confronta as áreas de atuação e respectivos softwares listados no referencial teórico com os softwares utilizados pela empresa A.

Quadro 4.1 – Softwares de FD encontrados no estudo de caso

Softwares de Fábrica Digital			
Áreas de Atuação	Atividades	Softwares	Empresa A
Produto	CAD	<i>AutoCAD, ProEnginner, Solidworks, SolidEdge, PowerShape e Catia.</i>	<i>ProEnginner</i>
	CAE	<i>Catia – Cadam, Daystar Software - Steel Designer, Algor, Srac Cosmo, ANSYS, Unigraphics/I-DEAS e Moldflow Part Advise</i>	<i>CATIA</i>
	CAM	<i>PowerMill, Mastercam, Solidcam, Catia, Moldflow e Mold Adviser</i>	<i>CATIA</i>
Processo	<i>Layout</i>	<i>Microstation (Bentley) , AutoCAD Plant 3D (Autodesk), FactoryCAD (Tecnomatix Siemens) e DELMIA (Dassault).</i>	<i>Microstation da Bentley</i>
	Fluxo de Processo	<i>GPSS, GASP, SIMSCRIPT, SIMAN, ARENA, PROMODEL, AUTOMOD, TAYLOY e PLANT SIMULATION.</i>	<i>Plant Simulation da Siemens</i>
	Robôs	<i>GRASP, o Robographics , o IGRIP, PLACE, BUILD, COMMAND, ADJUST, DENEb, ROBCAD e WORKSPACE.</i>	<i>Robcad</i>
	Realidade Virtual	<i>CATIA/CADAM, ROBOCA/Man, FELxman Simulation, ADAMS/Car e VEDAM.</i>	<i>Human Simulate</i>
	Controle de Processos ⁸		<i>Process Design</i>

Fonte: Desenvolvido pela autora

4.2 RESULTADO DAS ENTREVISTAS APLICADAS AOS GERENTES DE PROJETO DE FÁBRICA DIGITAL

Uma vez confirmado o problema de pesquisa, nos termos acima descritos, passou-se à realização da etapa de coleta de dados referente à entrevista (Anexo 04) com gerentes de projetos de FD na empresa A. Esta entrevista teve a finalidade de compreender a implementação de um projeto de FD na organização e verificar a

⁸ O controle de processos não foi apresentado na revisão da literatura, porém consiste em uma das ferramentas de FD adotadas pela empresa do estudo de caso.

existência de um gerenciamento de riscos ou ao menos da etapa de identificação de riscos do projeto de FD.

A primeira das entrevistas foi realizada na unidade do Brasil da empresa A e posteriormente o mesmo questionário foi submetido ao gerente de projeto de FD de uma unidade da empresa A localizada na Espanha. Seguem, abaixo, (i) o resultado do questionário aplicado ao gerente da unidade Brasil e (ii) o resultado do questionário realizado com o gerente da unidade da Espanha.

4.2.1 Resultado da entrevista aplicado ao gerente de projetos da unidade do Brasil

O conceito de FD apresentado neste trabalho é o de um sistema integrado que possibilita melhorar os processos de engenharia de produto e processo. A simulação é apresentada como tecnologia chave deste conceito e pode ser aplicada a modelos virtuais em diferentes níveis e estágios da organização a fim de aperfeiçoar os mesmos. A partir da realização da entrevista com o gerente de projetos de unidade do Brasil foi possível verificar que empresa A adota o mesmo conceito, porém com maior foco na engenharia de manufatura, sendo que no caso da engenharia de produto está voltado somente para a atividade de tornar um produto mais manufaturável, ou seja, *Design for Manufacturing*.

Segundo o gestor do projeto, a FD é um projeto corporativo que teve início em 2006 na unidade do Brasil, e que é entendido como um conjunto de soluções (softwares) que foram customizados para o ambiente da organização. Estas customizações são, por exemplo, o envolvimento de *interfaces* com sistemas proprietários ou de adaptações destas soluções ao negócio da empresa. Para a empresa é importante ter a possibilidade de analisar interferências, viabilizar o melhor conceito do projeto antes do primeiro *try out*, com o intuito de reduzir custos e investimentos, aumentar a produtividade e qualidade e reduzir o tempo de implementação de novos projetos.

A FD apresenta ferramentas de desenvolvimento de processos, simulação (processo e fluxo), realidade virtual, simulação de *layouts*, simulação de robôs e ferramentas de CAM e CAE, as quais estão ligadas ao desenvolvimento de ferramental. As áreas que adotam ferramentas de FD na empresa A são áreas de manufatura, tanto na parte de planejamento – desde a concepção do produto - até o

EOP (*end of production*), ou seja, da fase de design até o término do programa, onde o produto é retirado de linha, considerando também as otimizações de série e otimizações logísticas.

A previsão de término do projeto de FD na unidade do Brasil corresponde ao ano de 2016, ou seja, estima-se dez anos de investimentos em hardware, software, redes, infraestrutura e desafios em relação à avaliação e extração máxima das ferramentas a fim de realizar uma interação por meio de automação, do virtual e o real em um clique apenas.

Nos termos descritos pelo gerente de projetos, a implementação da FD na empresa A apresenta as seguintes fases:

- ✓ Primeira fase – conhecer as ferramentas (softwares) e definir quais ferramentas têm potencial de utilização com sucesso na organização;
- ✓ Segunda fase – desenvolver projeto piloto para avaliação da ferramenta. Normalmente, quando o custo do projeto piloto é baixo, o próprio fornecedor de software banca este custo, porém caso o projeto piloto apresente um custo maior existe uma divisão destes custos entre a empresa e o fornecedor do software.
- ✓ Terceira fase - validar o potencial daquela ferramenta dentro das atividades da empresa e avaliar se a ferramenta atende à política do projeto de FD mundial, mesmo que esta seja uma nova tecnologia deve-se averiguar qual a aderência desta nova tecnologia a política mundial;
- ✓ Quarta fase – Após a validação da ferramenta, uma vez concluído que se trata de uma boa tecnologia a se investir, é realizado um projeto financeiro, que apresenta a viabilização da compra juntamente com as prioridades de investimentos da empresa. Aprovado o investimento, a tecnologia é adquirida, juntamente com os treinamentos.
- ✓ Quinta fase – Inicia-se o processo de implantação propriamente dita da tecnologia. Em paralelo avaliam-se as premissas para a colocação desta tecnologia na empresa, verificando se a infraestrutura está adequada e se existe uma forma de trocar informações com o fornecedor. É nesta fase que se deve também promover workshops com fornecedores e definir memoriais descritivos para que eles forneçam um ambiente digital em que

se possa simular. Neste momento também ocorre a avaliação dos ambientes produtivos que não vão mudar a curto prazo e o seu respectivo escaneamento, de forma a permitir que, juntamente com os projetos futuros, estejam sempre atualizados no sistema mantendo o ambiente sempre retroalimentado. O entrevistado descreve esta fase como um grande desafio, porque requer a aderência de todas as áreas com relação às ferramentas para que se possa manter o sistema sempre atualizado facilitando assim projetos futuros e verificando sempre melhorias no processo.

Considerando as fases acima descritas, o gerente de projetos informou na entrevista que a empresa A já concluiu praticamente todas as fases de implementação, contando inclusive com a adesão de todas as áreas de manufatura ao projeto. Os ambientes virtuais de *layout*, fluxo produtivo e meios de fabricação já se encontram cem por cento completos, ou seja, modelados. Os processos e suas descrições representam hoje o maior desafio da empresa A, visto que ainda não se encontram totalmente concluídos. Após sua conclusão, a empresa A, possuirá todo ambiente produtivo modelado em ambiente virtual.

De acordo com o gerente entrevistado, o encerramento do projeto não ocorre após a finalização destas cinco fases. Ele destaca que mais etapas deverão ser realizadas de acordo com a orientação da matriz, mas que até o atual momento, não se tem informações a este respeito.

O gerente de projetos esclarece que o objetivo principal do projeto de Fábrica Digital é se obter um ambiente integrado colaborativo, através da automação com ambientes da manufatura. Esta etapa tem sido testada pela matriz da organização, porém ainda apresenta diversas dificuldades, principalmente pelo fato de o avanço tecnológico ainda não ter alcançado o estágio desejado para que tais sistemas funcionem perfeitamente.

Em relação ao andamento do projeto, a alta gerência, ou seja, a diretoria da unidade exige que sejam prestadas contas quanto ao seu andamento. Segundo o gerente, até o presente momento se tem uma situação em que o lucro obtido com o projeto apresenta-se cinco vezes maior que o investimento financeiro realizado para o projeto de FD, isto contabilizando somente grandes projetos. Ainda, de acordo

com o gerente é muito difícil realizar o real levantamento de ganhos financeiros obtidos pela empresa com a implementação da FD, isto porque que na maioria das vezes a FD proporciona ganhos referentes a *Cost Avoid*, ou seja, economia de custo antes da implementação de novos produtos e processos.

No decorrer do projeto o levantamento dos fatores de risco não foi realizado pela unidade, sendo somente utilizada a experiência da unidade matriz. O entrevistado relata que os problemas são contornados à medida que ocorrem. Como exemplo o entrevistado citou o primeiro grande impacto que se teve no projeto que se sucedeu há aproximadamente um ano após o seu início. Ocorreu que o time do projeto se deu conta que o sonho de se ver a fábrica inteira rodando em três dimensões era, naquele momento, inviável, em função de que os elementos gráficos e arquivos possuíam um formato extenso e não havia nenhum hardware capaz de realizar o processamento dos elementos. Para contornar o problema foram necessários seis meses de muito trabalho com os principais fornecedores para desenvolver arquivos de CAD com formato mais leve, que acabaram viabilizando a execução do projeto como esperado.

Durante a entrevista o gerente aponta como um dos principais benefícios que a FD proporciona à organização a redução de investimentos, uma vez que se consegue gerar alternativas que custam menos e com isto aumentar a competitividade, permitindo o lançamento de seus produtos com custos menores. A redução do *time to market* também é apresentada como benefício, através da reutilização da tecnologia e do conhecimento. A utilização diária da análise de impacto de fluxo na produção auxilia no processo de tomada de decisão tanto para projetos futuros quanto para mudanças diárias na produção.

Segundo o gestor entrevistado, a FD não possui somente o papel de simular antes de implantar, mas principalmente de consolidar uma única prática de manufatura dentro da organização como um todo, envolvendo diversas marcas e fábricas, que compõem um mundo muito heterogêneo. O principal papel da FD para os objetivos estratégicos da organização apresenta-se como o de ampliar e aumentar o potencial de criação e lançamento de produtos no mercado.

4.2.2 Resultado da entrevista aplicada ao gerente de projetos da unidade da Espanha

De acordo com a entrevista do gerente de projetos da unidade da Espanha, o conceito de FD é muito similar ao apresentado no presente trabalho, porém, assim como na unidade do Brasil, a FD possui foco na área de Engenharia de Manufatura. O gestor do projeto na unidade da Espanha explica que a melhoria no processo possibilita uma melhoria no produto também.

As soluções de FD utilizadas pela unidade da Espanha correspondem à simulação de fluxo produtivo, simulações de robôs, realidade virtual, simulação de *layout*, realidade aumentada e realidade mista. Segundo o gestor de projetos, a realidade aumentada é utilizada para a simulação de *layouts*. Já a tecnologia de realidade mista é adotada pela unidade para realizar algumas simulações ergonômicas, por meio da tecnologia de *motion caption*, como no caso brasileiro e para realizar treinamento de funcionários através da utilização de cabines de realidade virtual, onde o funcionário praticamente imerge em um ambiente virtual e interage com o mesmo, sendo possível apreender a atividade de trabalho que deverá desempenhar em sua função.

As áreas que adotam a FD são as áreas de Processos de Estamparia, Armação, Pintura, Montagem, Planejamento de *Layout*, Engenharia Industrial, Logística e Desenvolvimento de Protótipos.

As fases de implementação do projeto de FD na unidade da Espanha são as mesmas que às apresentadas pelo trabalho, ou seja, correspondem a:

- 1) Preparação do Projeto
- 2) Definição de processos Futuros
- 3) Configuração do Sistema
- 4) Testes de Validação e Treinamento
- 5) Preparação para *go live*, *go live* e suporte

Atualmente a unidade da Espanha encontra-se com o projeto nas fases de testes de validação e treinamento e preparação para *go live*.

O gerente do projeto de FD cita que o principal fator de risco para o projeto de FD em sua unidade é o fator humano. A falta, interna e externa, de recursos humanos impacta diretamente nos objetivos do projeto. Como forma de contornar esta escassez de recursos, os parceiros externos são responsáveis por dar suporte aos colaboradores, principalmente se houver riscos em atividades planejadas.

A unidade conta com alguns KPIs (*Key Performance Indicators*, ou seja indicadores chave de performance) padrão para gerenciamento de projetos, sendo estes: desvio do orçamento planejado, custo dos processos de gestão, metas, desvio FTE (*full-time equivalent*), etc. Atualmente o FTE do projeto, ou seja, o tempo planejado que um colaborador desempenha no projeto não corresponde à situação real. Isto ocorre porque, muitas vezes, os funcionários mudam de prioridades por haver uma necessidade da área e o resultado é um atraso no cronograma do projeto. Para contornar a situação os gestores destes funcionários devem assegurar que os colaboradores estejam disponíveis para o projeto do início ao fim das atividades.

Os principais benefícios apresentados pela FD na unidade da Espanha são redução de custo e aumento da qualidade. A FD possibilita a unidade segurança e melhoria em seus processos. Com um processo robusto, torna-se possível aumentar os índices de qualidade, reduzir o tempo de planejamento e até mesmo influenciar no produto em fases anteriores do projeto evitando que alterações sejam realizadas em fases finais do projeto.

O papel estratégico que a FD desempenha na unidade está relacionado à redução de custos e aumento da qualidade. Cada vez mais o processo de desenvolvimento de produto tem sido desenvolvido em fábricas diferentes, não sendo mais concentrada essa atividade na matriz da organização, como há alguns anos. Dessa forma o gerente de projetos acredita que a FD proporciona um ambiente normalizado e um sistema corporativo em que o planejamento pode ser desenvolvido em um local e produzido em outro.

4.2.3 Análise dos resultados obtidos através da aplicação dos questionários aos gerentes de projeto no Brasil e Espanha

Atualmente o conceito de FD é considerado o mesmo para as duas unidades. Como apresentado pelo gerente do projeto na unidade do Brasil o real objetivo do projeto é alcançar um ambiente colaborativo, porém, este objetivo ainda é questionado até mesmo pela matriz, que se encontra em uma fase do projeto mais avançada. O atual conceito concentra-se no desenvolvimento e otimização de processos produtivos, tendo como foco as Engenharia de Manufatura e Industrial. A Engenharia de Produto ainda não se encontra integrada com as demais ferramentas e foca somente no fato de tornar o produto mais manufaturável.

As limitações técnicas são muitas e a tecnologia ainda não apresenta avanço suficiente quanto ao objetivo desejado, sendo necessário que a própria empresa juntamente com fornecedores desenvolva soluções para superar estas limitações.

Outro aspecto que vale a pena ser mencionado é quanto às ferramentas utilizadas pela empresa. A unidade da Espanha possui algumas ferramentas que são distintas das utilizadas na unidade do Brasil. Como exemplo, tem-se a realidade mista utilizada para o treinamento de funcionários. Tal ferramenta não é adotada pela unidade do Brasil, já que ainda não é considerada pelo gestor do projeto como ferramenta de fundamental importância. A troca de experiências quanto a adoção da ferramenta possibilita que cada empresa verifique quais ferramentas correspondem mais a sua realidade, podendo desta forma, satisfazer as suas necessidades.

Quanto à identificação dos riscos do projeto, o gestor do projeto na unidade do Brasil declarou que o gerenciamento de risco não foi realizado no projeto em sua unidade e os problemas são contornados à medida que ocorrem. Porém a unidade matriz desenvolveu o gerenciamento de risco de todo o projeto e é responsável por transmitir as informações necessárias para as demais unidades.

No entanto a literatura apresenta diversos casos de projetos que fracassaram pelo fato de não preverem seus riscos. O fato de a matriz da organização estar em uma fase mais avançada do projeto, facilita a implementação do projeto nas demais unidades, porém não é porque um fator não foi apresentado pela unidade matriz que este não possa ocorrer na unidade do Brasil. Desta forma o não gerenciamento dos

riscos do projeto de FD pode afetar em alguns dos objetivos do projeto e até mesmo inviabiliza-lo.

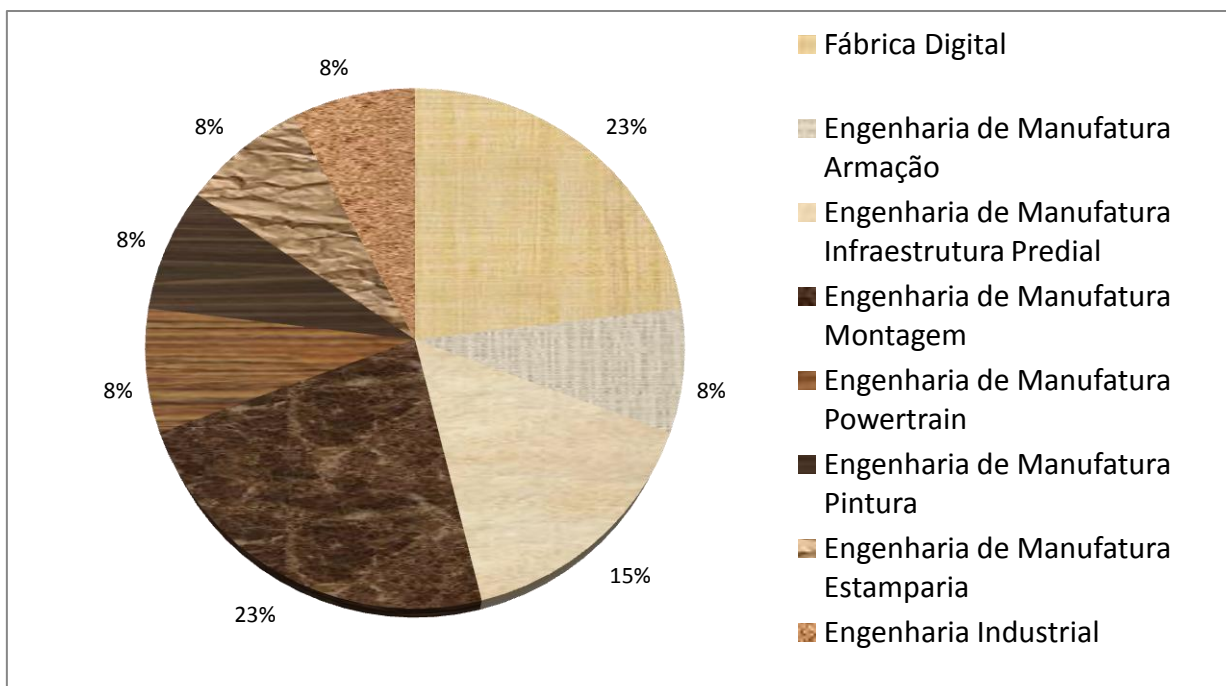
4.3 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

A última etapa de coleta de dados trata da aplicação do questionário (Anexo 07) na empresa em que foi realizado o estudo de caso.

4.3.1 Caracterização da amostra de aplicação dos questionários

A amostra classifica-se como não probabilística (não casual), ou seja, a escolha dos elementos não foi feita aleatoriamente. Segundo Carnevalli e Miguel (2001) em uma amostra não aleatória, não se pode aplicar inferência estatística, mas pode-se utilizar a estatística descritiva. Para os autores este tipo de amostra é classificado em cinco categorias, sendo estas, acidental, intencional, por “júris”, julgamento e por quota. Neste trabalho foi utilizada a amostragem por quota, visto que a autora foi orientada pelo gestor do projeto a escolher as pessoas responsáveis pela disseminação do conceito de Fábrica Digital em todas as áreas que a empresa adota o sistema, ou seja, especialistas em suas áreas, cuja distribuição pode ser verificada na figura 4.4. O gráfico mostra que sete áreas foram envolvidas para aplicação dos questionários, sendo estas, Fábrica Digital, Engenharias de Manufatura Armação, Infraestrutura Predial, Montagem, *Powertrain* (motores), Pintura e Estamparia. A área de Fábrica Digital é compreendida por quatro funcionários, um gerente de projetos e três funcionários terceirizados que são responsáveis pela implementação do projeto na organização. Destes quatro funcionários, três foram entrevistados.

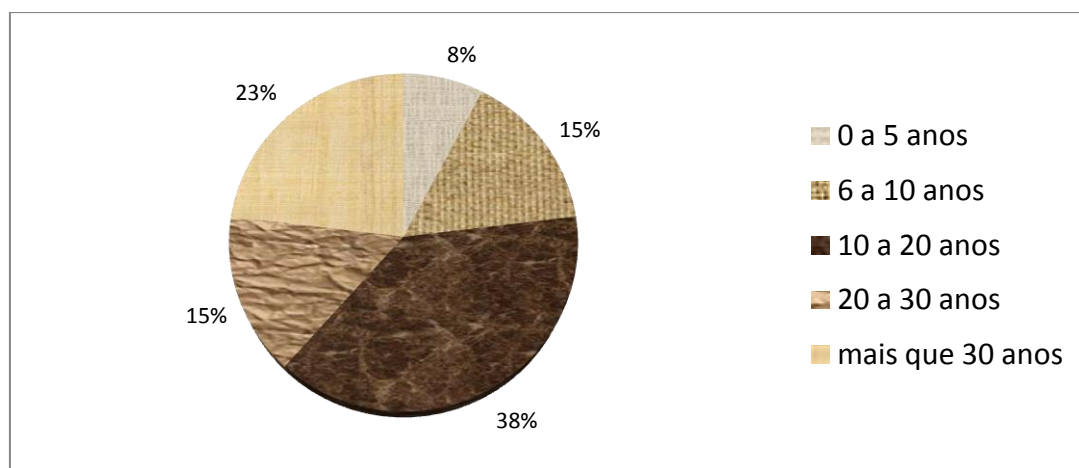
Figura 4.4 – Percentual de funcionários por área de atuação



Fonte: Desenvolvido pela autora

Outra característica muito importante da amostra é o tempo do funcionário na organização. Como pode ser visto na figura 4.5, apenas oito por cento dos funcionários trabalham na empresa há menos de cinco anos. Com isso pode-se concluir que mais de noventa por cento dos entrevistados trabalham na organização há mais de seis anos, sendo que o projeto de FD na empresa está implantado há somente seis anos, o que atesta a relevância da amostra apresentada.

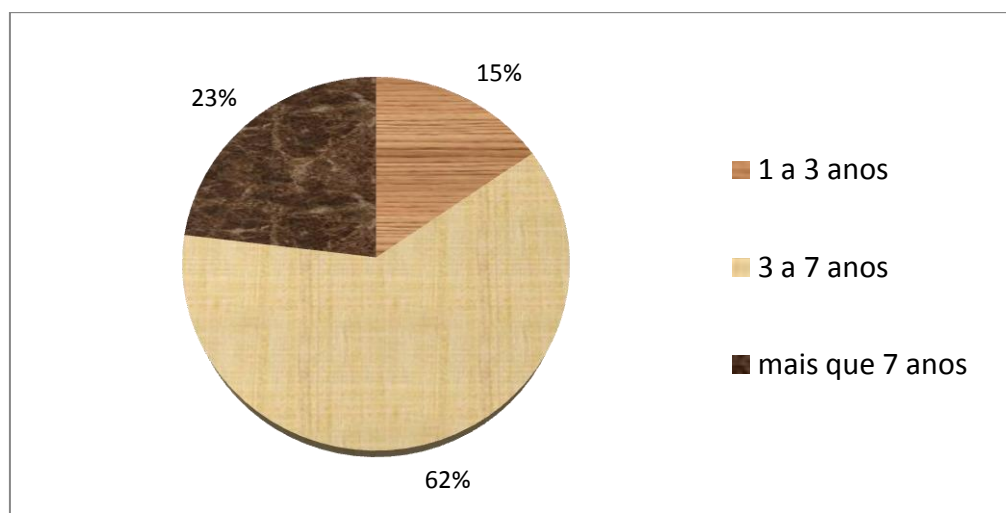
Figura 4.5 – Percentual de funcionários por tempo de empresa



Fonte: Desenvolvido pela autora

O projeto de Fábrica Digital é relativamente novo na organização, conforme apresentado na entrevista com o gestor do projeto. Atualmente o projeto possui um prazo de dez anos para a sua finalização, sendo que destes já se passaram seis anos. No entanto, alguns treinamentos de softwares e objetivos da matriz já haviam sido apresentados anteriormente a este período. A Figura 4.6 apresenta o percentual de funcionários versus o tempo no projeto de FD. Como pode se observar mais de setenta e cinco por cento dos funcionários entrevistados estão envolvidos com o projeto há mais de três anos.

Figura 4.6 – Percentual de funcionários por tempo no projeto de FD



Fonte: Desenvolvido pelo autora

4.3.2 Resultados obtidos com a aplicação dos questionários

A análise dos resultados de cada uma das questões obtidas na aplicação do questionário é apresentada no quadro 4.2. O quadro exhibe todos os fatores contidos no questionário classificados por categoria. Para cada fator o respondente tinha a opção de escolha de respostas de zero a quatro, sendo zero um valor adotado quando o fator possui muito pouco impacto na implementação do projeto de Fábrica Digital e quatro se o fator fosse muito impactante no projeto.

O gráfico contido no quadro representa o percentual de frequência de cada valor em cada pergunta. Para os fatores com uma frequência maior de respostas nos valores de três e quatro, ou seja, impactante e muito impactante, são

apresentadas as justificativas dos entrevistados para a sua importância. Já os fatores que apresentaram uma maior frequência dos resultados nos valores de zero e um, ou seja, muito pouco ou pouco impactante, não apresentam justificativa dos entrevistados, visto que os mesmos não apresentaram relevância na implementação da FD na empresa estudada.

Quadro 4.2 – Resultado do questionário para cada fator

Categorias de risco	Fatores de risco		Gráfico de frequências	Justificativa										
Aspectos Técnicos	1	Conhecimento do usuário quanto aos softwares empregados	<p>Conhecimento do usuário quanto aos softwares empregados</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>31%</td></tr><tr><td>4</td><td>62%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	8%	3	31%	4	62%	A maioria dos respondentes consideram que este fator possui um impacto muito alto e defendem que o conhecimento do usuário quanto ao software é proporcional aos resultados obtidos em relação à solução de problemas e otimização dos processos. Além disto, facilita na rotina de trabalho. Outro ponto levantado refere-se ao fato de que o usuário pode vir a apresentar em seus relatórios uma solução com alto risco de confiabilidade por não possuir familiaridade com o software empregado. Oito por cento dos respondentes alegam ainda que não é necessário que todos sejam experts, mas que é importante uma boa estrutura de Keyusers para suportar os demais.
	Frequência	Porcentagem												
	0	0%												
	1	8%												
3	31%													
4	62%													
2	Necessidade da realização de testes de aceitação do software	<p>Necessidade da realização de testes de aceitação do software</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>31%</td></tr><tr><td>3</td><td>46%</td></tr><tr><td>4</td><td>15%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	31%	3	46%	4	15%	A maioria dos respondentes apresentaram o fator como impactante e muito impactante, e fundamentam que o software deve atender as necessidades do cliente pois, caso contrário, o investimento não é compensado. Conhecer as limitações dos softwares é de fundamental importância para não realizar aquisições errôneas. Trinta e nove por cento dos respondentes não consideraram este fator importante pelo fato de a política da empresa A estabelecer previamente, antes mesmo da compra, uma análise rigorosa do software.	
Frequência	Porcentagem													
0	8%													
1	31%													
3	46%													
4	15%													
3	Versão do software	<p>Versão do software</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>23%</td></tr><tr><td>1</td><td>46%</td></tr><tr><td>3</td><td>15%</td></tr><tr><td>4</td><td>15%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	23%	1	46%	3	15%	4	15%	O fator é considerado muito pouco e pouco impactante na maior parte das respostas dos entrevistados nestes índices da escala.	
Frequência	Porcentagem													
0	23%													
1	46%													
3	15%													
4	15%													
4	Facilidade de configuração do software	<p>Facilidade de configuração do software</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>15%</td></tr><tr><td>1</td><td>38%</td></tr><tr><td>3</td><td>46%</td></tr><tr><td>4</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	15%	1	38%	3	46%	4	0%	O fator é considerado muito pouco e pouco impactante por apresentar a maior frequência das respostas dos entrevistados nestes índices da escala.	
Frequência	Porcentagem													
0	15%													
1	38%													
3	46%													
4	0%													

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 4.2 (continuação) – Resultado do questionário para cada fator

Categorias de risco	Fatores de risco	Gráfico de frequências	Justificativa										
Aspectos Técnicos	5 Nível de conhecimento dos sistemas legados (Migração dos dados)	<p>Nível de conhecimento dos sistemas legados (Migração dos dados)</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>31%</td></tr><tr><td>3</td><td>23%</td></tr><tr><td>4</td><td>46%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	31%	3	23%	4	46%	O fator é caracterizado pelos respondentes como muito impactante por apresentar alto risco de perda de dados na migração de um software para outro. Outro ponto levantado corresponde ao fato de a migração de dados estar proporcionalmente ligada ao prazo de obtenção dos resultados, ou seja, o índice de produtividade do sistema é elevado caso a integração entre os programas ocorra e isto decorre do fato de não se perder tempo com a conversão de dados. Um dos entrevistados apresentou que tal fator é impactante apenas para os keyusers, porque o keyuser é o responsável por auxiliar no aspecto de se integrar ao máximo as informações. Trinta e um por cento dos entrevistados consideram o fator pouco impactante e justificam que a migração dos dados não impede a implementação da FD, mas aumenta o tempo do usuário na transferência de dados, diminuindo a produtividade do sistema.
	Frequência	Porcentagem											
	0	0%											
	1	31%											
3	23%												
4	46%												
6 Velocidade operacional do sistema	<p>Velocidade operacional do sistema</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>38%</td></tr><tr><td>4</td><td>54%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	8%	3	38%	4	54%	A velocidade é um fator diretamente proporcional ao desempenho dos trabalhos. Segundo os respondentes, o fator impacta na utilização dos softwares, pois caso o sistema apresente lentidão, as pessoas tendem a não o utilizar. Outro aspecto apontado pelos respondentes corresponde ao fato de um modelo poder ser muito complexo e por isso o seu desenvolvimento virtual se tornar ainda mais agravante devido à velocidade do sistema.	
Frequência	Porcentagem												
0	0%												
1	8%												
3	38%												
4	54%												
7 Avaliações técnicas e padrões	<p>Avaliações técnicas e padrões</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>15%</td></tr><tr><td>3</td><td>54%</td></tr><tr><td>4</td><td>23%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	15%	3	54%	4	23%	Este fator é considerado impactante pois visa facilitar o trabalho da equipe e está diretamente ligado a necessidade de integração das áreas envolvidas no projeto. A necessidade de padrões existe é ainda maior em um sistema integrado como o de Fábrica Digital, pois os mesmos dados passam por várias áreas e pessoas. As avaliações e a criação de padrões estão baseados no conhecimento técnico e experiência em campo do grupo. Os impactos deste fator correspondem a dificuldade gerada para a migração de dados, a utilização do software e a troca de informações entre áreas.	
Frequência	Porcentagem												
0	8%												
1	15%												
3	54%												
4	23%												
8 Gerenciamento de banco de dados	<p>Gerenciamento de banco de dados</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>15%</td></tr><tr><td>1</td><td>23%</td></tr><tr><td>3</td><td>31%</td></tr><tr><td>4</td><td>31%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	15%	1	23%	3	31%	4	31%	É considerado pela maioria um fator muito impactante, pois a FD depende de um banco de dados. O gerenciamento do banco de dados é fundamental para a manutenção do volume de informações, o desenvolvimento mais robusto e completo de trabalhos, assim como fornece a garantia do funcionamento dos softwares e da correta migração de dados entre estes. É fator imprescindível para se obter um histórico e bibliotecas dos projetos atuais para estudos futuros, permitindo, desta forma, o reaproveitamento de trabalhos e com isso facilitando o trabalho da equipe e aumentando a agilidade. Trinta e oito por cento dos entrevistados declaram que o fator é muito pouco e pouco impactante por serem usuários e não compreenderem o real objetivo de um banco de dados.	
Frequência	Porcentagem												
0	15%												
1	23%												
3	31%												
4	31%												

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 4.2 (continuação) – Resultado do questionário para cada fator

Categorias de risco	Fatores de risco	Gráfico de frequências	Justificativa										
Aspectos Técnicos	9 Gerenciamento das informações	<p>Gerenciamento das informações</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>23%</td></tr><tr><td>3</td><td>38%</td></tr><tr><td>4</td><td>38%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	23%	3	38%	4	38%	<p>É considerado um fator importante e a empresa "A" apresenta dificuldades decorrentes deste fator. Dentre os problemas apresentados no estudo, a dificuldade de obtenção de informações provenientes de fornecedores é encontrada. Isto se deve ao fato de muitas informações serem perdidas ou demandarem muito tempo para que sejam entregues. Os respondentes relatam que o gerenciamento de informações é fundamental porque proporciona a manutenção, controle e organização de dados atualizados, alta confiabilidade, sigilosidade de dados, facilitando o trabalho da equipe, garantindo a qualidade das informações e proporcionando históricos e bibliotecas de projetos.</p>
	Frequência	Porcentagem											
	0	0%											
1	23%												
3	38%												
4	38%												
10 Padrões de dados ou extensões de arquivos diferenciadas	<p>Padrões de dados ou extensões de arquivos diferenciadas</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>23%</td></tr><tr><td>1</td><td>15%</td></tr><tr><td>3</td><td>46%</td></tr><tr><td>4</td><td>15%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	23%	1	15%	3	46%	4	15%	<p>A padronização dos dados é considerado um fator importante pelos respondentes porque evita a perda de arquivos no processo de conversão e facilita a integração entre as áreas envolvidas no projeto. Trinta e oito por cento das respostas relatam que existe a possibilidade de não se realizar a padronização de dados, porém isto reduz a produtividade do projeto, visto que um tempo adicional para conversão se torna necessário toda vez que o arquivo for ser utilizado por outra área que demande um formato de arquivo diferenciado.</p>	
Frequência	Porcentagem												
0	23%												
1	15%												
3	46%												
4	15%												
11 Integração das ferramentas, sistemas e dados	<p>Integração das ferramentas, sistemas e dados</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>42%</td></tr><tr><td>4</td><td>42%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	8%	3	42%	4	42%	<p>Os respondentes caracterizaram a integração das ferramentas, sistemas e dados como um fator de importância porque proporciona um aumento de produtividade gerado a partir do ganho de tempo na atividade de conversão de arquivos. Uma das respostas obtidas no estudo de caso corresponde ao fato de as pessoas se adaptarem melhor e utilizarem com mais facilidade o sistema caso este seja integrado e funcional. Além disto, a intercambialidade de dados entre sistemas e softwares viabiliza a análise de informações de diferentes nichos do projeto.</p>	
Frequência	Porcentagem												
0	8%												
1	8%												
3	42%												
4	42%												

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 4.2 (continuação) – Resultado do questionário para cada fator

Categorias de risco	Fatores de risco	Gráfico de frequências	Justificativa										
Gestão de Projeto	12 Documentação da visão do projeto (Planejamento, escopo, objetivos, organização, papéis e responsabilidades)	<p>Documentação da visão do projeto (Planejamento, escopo, objetivos, organização, papéis e responsabilidades)</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>0</th><th>1</th><th>3</th><th>4</th></tr><tr><td>Porcentagem</td><td>0%</td><td>15%</td><td>62%</td><td>23%</td></tr></table>	Frequência	0	1	3	4	Porcentagem	0%	15%	62%	23%	Os respondentes apresentaram a importância de um procedimento documentado das responsabilidades, escopos e prazos do projeto para garantir a sua continuidade, que o objetivo final seja alcançado e para estabelecer os responsáveis por cada atividade do projeto. Com estes parâmetros pré-definidos, proporciona-se uma direção quanto ao encaminhamento do projeto e, desta forma, facilita-se o controle correto do projeto. Um problema relatado no estudo é o de que atualmente a matriz da empresa A define a documentação do projeto e muitas informações não chegam na unidade do Brasil dificultando o seu seguimento.
	Frequência	0	1	3	4								
	Porcentagem	0%	15%	62%	23%								
	13 Gerenciamento do escopo do projeto (Comitê diretor para avaliar mudanças)	<p>Gerenciamento do escopo do projeto (Comitê diretor para avaliar mudanças)</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>0</th><th>1</th><th>3</th><th>4</th></tr><tr><td>Porcentagem</td><td>15%</td><td>23%</td><td>31%</td><td>31%</td></tr></table>	Frequência	0	1	3	4	Porcentagem	15%	23%	31%	31%	Esse fator foi considerado pelos entrevistados impactante e muito impactante pelo fato de, muitas vezes, as alterações propostas pela FD afetarem a empresa como um todo. Como exemplo, um entrevistado citou a atualização da versão do windows. Caso não seja muito bem planejada e avaliada, pode apresentar um impacto muito grande e provocar perdas que não tinham sido mensuradas. Além disto, o fato do projeto ser corporativo e as diretrizes virem da matriz, faz com que o escopo, na maioria das vezes, não atenda as reais necessidades da unidade e por isso faz-se necessário uma equipe comprometida e especializada para avaliar, discutir e tomar as decisões de cada unidade fabril. Um dos entrevistados relata a importância de manter um fórum de discussões entre keyusers para que seja possível a otimização dos processos, identificação de falhas e pontos de melhoria contínua e apresenta ainda que um dos desafios da FD é a manutenção do ambiente.
Frequência	0	1	3	4									
Porcentagem	15%	23%	31%	31%									
14 Estratégia de implementação do projeto (Entrada em operação, suporte)	<p>Estratégia de implementação do projeto (Entrada em operação, suporte)</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>0</th><th>1</th><th>3</th><th>4</th></tr><tr><td>Porcentagem</td><td>8%</td><td>23%</td><td>38%</td><td>31%</td></tr></table>	Frequência	0	1	3	4	Porcentagem	8%	23%	38%	31%	É visto como parte do procedimento interno da execução do projeto e é responsável por uma parte do sucesso do trabalho, já que garante a obtenção dos resultados dentro dos prazos. Atualmente a empresa trabalha fortemente para viabilizar o suporte de segundo nível, que é responsável pela avaliação de problemas de operação e por realizar melhorias em softwares e sistemas. Segundo um dos entrevistados, por ser muito pequena, atualmente a estrutura de suporte não atende às expectativas da FD. Isto ocorre porque existe muita demanda de trabalho, como a necessidade de instalação de máquinas, garantia de que os softwares estejam funcionando, melhoria contínua e gerenciamento de dados. Trinta e um por cento dos respondentes justificam a não importância do fator por se tratarem de usuários do sistema e pertencerem à equipe do projeto.	
Frequência	0	1	3	4									
Porcentagem	8%	23%	38%	31%									
15 Gerenciamento efetivo da mudança ao longo do projeto (Preparação das pessoas para a mudança)	<p>Gerenciamento efetivo da mudança ao longo do projeto (Preparação das pessoas para a mudança)</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>0</th><th>1</th><th>3</th><th>4</th></tr><tr><td>Porcentagem</td><td>8%</td><td>15%</td><td>54%</td><td>23%</td></tr></table>	Frequência	0	1	3	4	Porcentagem	8%	15%	54%	23%	É considerado um fator impactante porque a falta de preparação das pessoas para as mudanças pode acarretar em um aumento no tempo do projeto. A preparação das pessoas faz com que essas sejam aderentes às mudanças e não sejam pegadas de surpresa. Os Keyusers são atualmente os responsáveis pela disseminação dos mudanças na empresa A e utilizam até mesmo sites de informações para comunicar as pessoas das mudanças no projeto. Para os demais usuários o fator não apresenta tal relevância.	
Frequência	0	1	3	4									
Porcentagem	8%	15%	54%	23%									

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 4.2 (continuação) – Resultado do questionário para cada fator

Categorias de risco	Fatores de risco	Gráfico de frequências	Justificativa										
Gestão de Projeto	16 Acompanhamento nas fases de implementação da Fábrica Digital	<p>Acompanhamento nas fases de implementação da Fábrica Digital</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>31%</td></tr><tr><td>3</td><td>23%</td></tr><tr><td>4</td><td>46%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	31%	3	23%	4	46%	Fator considerado importante por proporcionar o controle e a correção de falhas na implementação, antes mesmo que estas tomem proporções maiores. O acompanhamento atua como garantia para que o projeto esteja de acordo com o esperado. Os Keyusers são peças-chave no acompanhamento das fases de implementação na empresa A.
	Frequência	Porcentagem											
	0	0%											
	1	31%											
3	23%												
4	46%												
17 Composição do time do projeto	<p>Composição do time do projeto</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>54%</td></tr><tr><td>4</td><td>31%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	8%	3	54%	4	31%	Para se obter maior sucesso na implementação do projeto faz-se necessária uma equipe multidisciplinar, formada por pessoas que tenham maior facilidade no manuseio de programas (softwares) e que auxiliem a disseminação do projeto em suas áreas. Para a composição do time é fundamental que os integrantes sejam pessoas específicas e com expertise de FD. A nomeação de um coordenador de projeto também apresenta-se essencial. A Fábrica Digital corre o risco de fracassar se não houver pessoas dedicadas.	
Frequência	Porcentagem												
0	8%												
1	8%												
3	54%												
4	31%												
18 Programa de treinamento (Equipe projeto, equipe suporte e usuários)	<p>Programa de treinamento (Equipe projeto, equipe suporte e usuários)</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>0%</td></tr><tr><td>3</td><td>62%</td></tr><tr><td>4</td><td>31%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	0%	3	62%	4	31%	É considerado pelos respondentes como um item base para a implementação do projeto pois através dos treinamentos as pessoas compreendem o real objetivo do sistema e os benefícios proporcionados pelo sistema, como por exemplo, ganho de eficiência para tomada de decisões, maior aproveitamento dos recursos disponíveis no software. Na sequência dos treinamentos é aconselhável que a equipe já inicie os trabalhos para que essa não esqueça as atribuições apresentadas nos treinamentos. A não realização dos treinamentos impacta na não utilização dos softwares.	
Frequência	Porcentagem												
0	8%												
1	0%												
3	62%												
4	31%												
19 O desempenho do líder do projeto impacta no andamento do mesmo?	<p>O desempenho do líder do projeto impacta no andamento do mesmo?</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>23%</td></tr><tr><td>3</td><td>23%</td></tr><tr><td>4</td><td>54%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	23%	3	23%	4	54%	O líder é de fundamental importância para o andamento do projeto visto que ele é responsável por: agendar os treinamentos; realizar a disseminação do conhecimento na unidade; realizar <i>benchmarking</i> entre as demais plantas da empresa "A"; atualizar constantemente o projeto, retroalimentando e reavaliando o mesmo; distribuir atividades e respectivos prazos e; realizar a interação com o cliente interno. O líder deve possuir uma visão global de todos os temas.	
Frequência	Porcentagem												
0	0%												
1	23%												
3	23%												
4	54%												

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 4.2 (continuação) – Resultado do questionário para cada fator

Categorias de risco	Fatores de risco		Gráfico de frequências	Justificativa										
Gestão de Projeto	20	Tamanho e complexidade do projeto	<p>Tamanho e complexidade do projeto</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>31%</td></tr><tr><td>3</td><td>38%</td></tr><tr><td>4</td><td>31%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	31%	3	38%	4	31%	A FD possui uma amplitude muito grande por envolver todo o ambiente fabril e isto causa uma dificuldade de gerenciamento do projeto. A fim de contornar esta situação torna-se necessário dar prioridade para os pontos mais críticos do projeto, realizar uma análise cuidadosa para que exista a interação entre prazos, escopo e <i>headcount</i> e avaliar cuidadosamente a viabilidade da implementação do projeto, para que não seja realizado um alto investimento quando não se fizer necessário.
	Frequência	Porcentagem												
	0	0%												
1	31%													
3	38%													
4	31%													
21	Comunicação interna e externa ao projeto	<p>Comunicação interna e externa ao projeto</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>23%</td></tr><tr><td>3</td><td>54%</td></tr><tr><td>4</td><td>15%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	23%	3	54%	4	15%	De acordo com a maioria dos entrevistados este fator é importante e está diretamente ligado à necessidade de integração com as demais áreas e ao suporte do fornecedor. Para os demais entrevistados, esta dificuldade não se torna presente por possuírem parceiros eficientes.	
Frequência	Porcentagem													
0	8%													
1	23%													
3	54%													
4	15%													
22	Padronização das atividades de planejamento	<p>Padronização das atividades de planejamento</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>23%</td></tr><tr><td>3</td><td>31%</td></tr><tr><td>4</td><td>38%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	23%	3	31%	4	38%	Para a maioria dos entrevistados a padronização é essencial para a implementação da FD pois proporciona que qualquer usuário que possua conhecimento do software e de planejamento consiga interpretar o que está sendo realizado e desenvolva a estruturação e verificação dos itens recorrentes de cada projeto. Ao final de cada projeto aconselha-se realizar um fechamento, com o <i>Lessons Learned</i> e pontos a melhorar. Trinta e um por cento dos entrevistados mostram que embora seja um fator que auxilie, não é essencial para a implementação do sistema.	
Frequência	Porcentagem													
0	8%													
1	23%													
3	31%													
4	38%													
Recursos Humanos	23	Participação e comprometimento do usuário	<p>Participação e comprometimento do usuário</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>31%</td></tr><tr><td>4</td><td>62%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	8%	3	31%	4	62%	A implementação da FD depende da participação e comprometimento do usuário. Caso contrário, o projeto não supera a fase inicial de implementação. Para isto é necessário que o usuário compreenda a relevância dos resultados que a FD proporciona.
Frequência	Porcentagem													
0	0%													
1	8%													
3	31%													
4	62%													

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 4.2 (continuação) – Resultado do questionário para cada fator

Categorias de risco	Fatores de risco		Gráfico de frequências	Justificativa										
Recursos Humanos	24	Consenso em buscar o resultado bom o suficiente ao invés do resultado melhor disponível (Por vezes inalcançável)	<p>Consenso em buscar o resultado bom o suficiente ao invés do resultado melhor disponível (Por vezes inalcançável)</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>38%</td></tr><tr><td>3</td><td>31%</td></tr><tr><td>4</td><td>23%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	38%	3	31%	4	23%	Os questionários apresentaram como justificativa para a importância deste fator o fato da FD depender da evolução tecnológica, já que muitas vezes ocorre de a tecnologia ainda não ter alcançado a solução desejada, como no caso da integração das ferramentas. Um maneira de se contornar ou até mesmo alcançar a solução desejada mais rapidamente é possuir uma equipe com <i>experts</i> de FD e solicitar auxílio para fornecedores de softwares quando necessário. Quarenta e seis por cento dos entrevistados discordam dos fatos apresentados anteriormente e justificam que é importante que sempre se busque o melhor resultado possível.
	Frequência	Porcentagem												
	0	8%												
	1	38%												
3	31%													
4	23%													
25	Tomadores de decisão capacitados e autorizados (Agilidade nas decisões)	<p>Tomadores de decisão capacitados e autorizados (Agilidade nas decisões)</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>54%</td></tr><tr><td>4</td><td>31%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	8%	3	54%	4	31%	Os respondentes justificaram a importância deste fator apresentando que a burocracia na tomada de decisão pode atrasar o cronograma do projeto. Porém, dezesseis por cento dos respondentes acreditam que os funcionários devem ter autonomia somente na parte que compete a cada um. Os procedimentos internos da organização devem ser respeitados. Por exemplo, as decisões técnicas devem ser direcionadas as pessoas com <i>know-how</i> e integração plena do projeto.	
Frequência	Porcentagem													
0	8%													
1	8%													
3	54%													
4	31%													
26	Confiança entre parceiros do projeto	<p>Confiança entre parceiros do projeto</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>23%</td></tr><tr><td>3</td><td>23%</td></tr><tr><td>4</td><td>46%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	23%	3	23%	4	46%	A maioria dos respondentes acredita que a troca de informações respeitando prazos e com confiabilidade é fundamental para o sucesso do projeto. Demais respondentes acreditam não ser impactante pelo fato de a entrega informações confiáveis e dentro do prazo ser responsabilidade de cada um.	
Frequência	Porcentagem													
0	8%													
1	23%													
3	23%													
4	46%													
27	Conhecimento do funcionário quanto aos processos de manufatura, modelagem e representação	<p>Conhecimento do funcionário quanto aos processos de manufatura, modelagem e representação</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>23%</td></tr><tr><td>3</td><td>46%</td></tr><tr><td>4</td><td>31%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	23%	3	46%	4	31%	Caso o funcionário não apresente conhecimento nas três áreas, não estará apto a trabalhar com a FD, podendo tomar decisões inviáveis por falta de qualidade e credibilidade das simulações por ele realizadas.	
Frequência	Porcentagem													
0	0%													
1	23%													
3	46%													
4	31%													

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 4.2 (continuação) – Resultado do questionário para cada fator

Categorias de risco		Fatores de risco	Gráfico de frequências	Justificativa										
Recursos Humanos	28	Capacidade do grupo de aprendizado e aquisição de conhecimentos	<p>Capacidade do grupo de aprendizado e aquisição de conhecimentos</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>15%</td></tr><tr><td>3</td><td>46%</td></tr><tr><td>4</td><td>38%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	15%	3	46%	4	38%	Como a FD é uma ferramenta inovadora, exige que o grupo do projeto seja composto por pessoas extremamente motivadas e capazes de entender a complexidade desta tecnologia. O treinamento facilita essa compreensão e faz-se necessário pela falta de mão-de-obra capacitada. É fundamental a capacidade de aprendizado para que novas ferramentas (tecnologias) possam ser empregadas e tragam resultados cada vez melhores.
	Frequência	Porcentagem												
	0	0%												
1	15%													
3	46%													
4	38%													
29	Aceitação das ferramentas associadas ao projeto	<p>Aceitação das ferramentas associadas ao projeto</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>38%</td></tr><tr><td>3</td><td>46%</td></tr><tr><td>4</td><td>15%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	38%	3	46%	4	15%	Este ponto é defendido pelos respondentes como importante pelo fato de a rejeição das ferramentas do projeto acarretar na não utilização da mesma e, logo, em um aumento no tempo de implementação do projeto podendo até inviabilizá-lo. Como forma de contornar o problema deve-se realizar treinamentos e escolher a ferramenta que melhor atenda à necessidade do cliente. Trinta e oito por cento dos entrevistados acreditam que este fator é pouco impactante pelo fato de que a empresa pode definir a obrigatoriedade da utilização da mesma.	
Frequência	Porcentagem													
0	0%													
1	38%													
3	46%													
4	15%													
30	Suporte as ferramentas	<p>Suporte as ferramentas</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>50%</td></tr><tr><td>4</td><td>42%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	8%	3	50%	4	42%	Os respondentes relatam que a manutenção do funcionamento do sistema depende do suporte das ferramentas. Isto se deve ao fato de possibilitar a apresentação de <i>feedbacks</i> aos usuários quanto a problemas e dúvidas na utilização de softwares. Além disto, o suporte pode proporcionar melhorias nos sistemas através de sugestões de melhorias propostas pelos usuários. Atualmente existe uma grande dificuldade em encontrar mão-de-obra capacitada para exercer essa função devido ao pioneirismo exercido pela empresa A.	
Frequência	Porcentagem													
0	0%													
1	8%													
3	50%													
4	42%													
Comunicação	31	Entrega de informações que representem o sistema real para que simulações sejam realizadas com sucesso Manutenção de sistemas com dados corretos	<p>Entrega de informações que representem o sistema real para que simulações sejam realizadas com sucesso Manutenção de sistemas...</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>0%</td></tr><tr><td>3</td><td>62%</td></tr><tr><td>4</td><td>38%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	0%	3	62%	4	38%	Os respondentes relatam que este item é essencial para se obter sucesso na simulação. A falta de confiabilidade dos dados pode gerar prejuízos à empresa, visto que as pessoas tendem a não tomar decisões baseadas em sistemas que não apresentem tal confiabilidade. A não atualização dos dados, bem como a apresentação de dados errados pode fazer com que simulações não representem o sistema real e os resultados sejam incorretos. Desta forma, é importante que o projetista tenha conhecimento dos processos.
Frequência	Porcentagem													
0	0%													
1	0%													
3	62%													
4	38%													

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 4.2 (continuação) – Resultado do questionário para cada fator

Categorias de risco		Fatores de risco	Gráfico de frequências	Justificativa										
Aspectos Culturais	32	Apoio e comprometimento contínuo da alta gerência	<p>Apoio e comprometimento contínuo da alta gerência</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>23%</td></tr><tr><td>4</td><td>69%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	8%	3	23%	4	69%	Este fator facilita e incentiva a execução do projeto proporcionando suporte para a implementação. De acordo com os respondentes, caso a gerência não apóie a utilização total da Fabrica Digital, os funcionários não irão adotar as ferramentas em seus processos.
	Frequência	Porcentagem												
	0	0%												
	1	8%												
3	23%													
4	69%													
33	Questões culturais	<p>Questões culturais</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>31%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>54%</td></tr><tr><td>4</td><td>8%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	31%	1	8%	3	54%	4	8%	O fator é considerado muito pouco e pouco impactante por apresentar a maior frequência das respostas dos entrevistados nestes índices da escala.	
Frequência	Porcentagem													
0	31%													
1	8%													
3	54%													
4	8%													
34	Aderência dos planejadores aos conceitos de Fábrica Digital	<p>Aderência dos planejadores aos conceitos de Fábrica Digital</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>15%</td></tr><tr><td>3</td><td>15%</td></tr><tr><td>4</td><td>62%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	15%	3	15%	4	62%	Uma forma de se obter a aderência dos planejadores é possibilitar que todos tenham treinamento. Com isso o usuário compreende os principais benefícios proporcionados pelo software e minimiza a rejeição do mesmo. A empresa A justifica que a chefia de nível intermediário normalmente é a que apresenta maior dificuldade de aderir aos softwares por não estarem envolvidos nas reuniões em que são apresentados os resultados e também não realizam o treinamento das ferramentas. Vinte e três por cento dos respondentes acreditam que este fator não é impactante pois a maioria dos planejadores da empresa A envolvidos com a FD aderiram à tecnologia sem mais problemas.	
Frequência	Porcentagem													
0	8%													
1	15%													
3	15%													
4	62%													
35	Mudança de mentalidade	<p>Mudança de mentalidade</p> <table><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>0</td><td>15%</td></tr><tr><td>1</td><td>15%</td></tr><tr><td>3</td><td>46%</td></tr><tr><td>4</td><td>23%</td></tr></table>	Frequência	Porcentagem	0	15%	1	15%	3	46%	4	23%	A mudança de mentalidade é diretamente proporcional aos rendimentos da equipe na execução do projeto. A principal mudança de mentalidade é o compartilhamento de informações, uma vez difundido esse conceito, isto deixa de ser empecilho. Como forma de realizar essa mudança de mentalidade nas pessoas pode-se realizar apresentações para conscientização da importância da ferramenta.	
Frequência	Porcentagem													
0	15%													
1	15%													
3	46%													
4	23%													

Fonte: Desenvolvido pela autora

Quadro 4.2 (continuação) – Resultado do questionário para cada fator

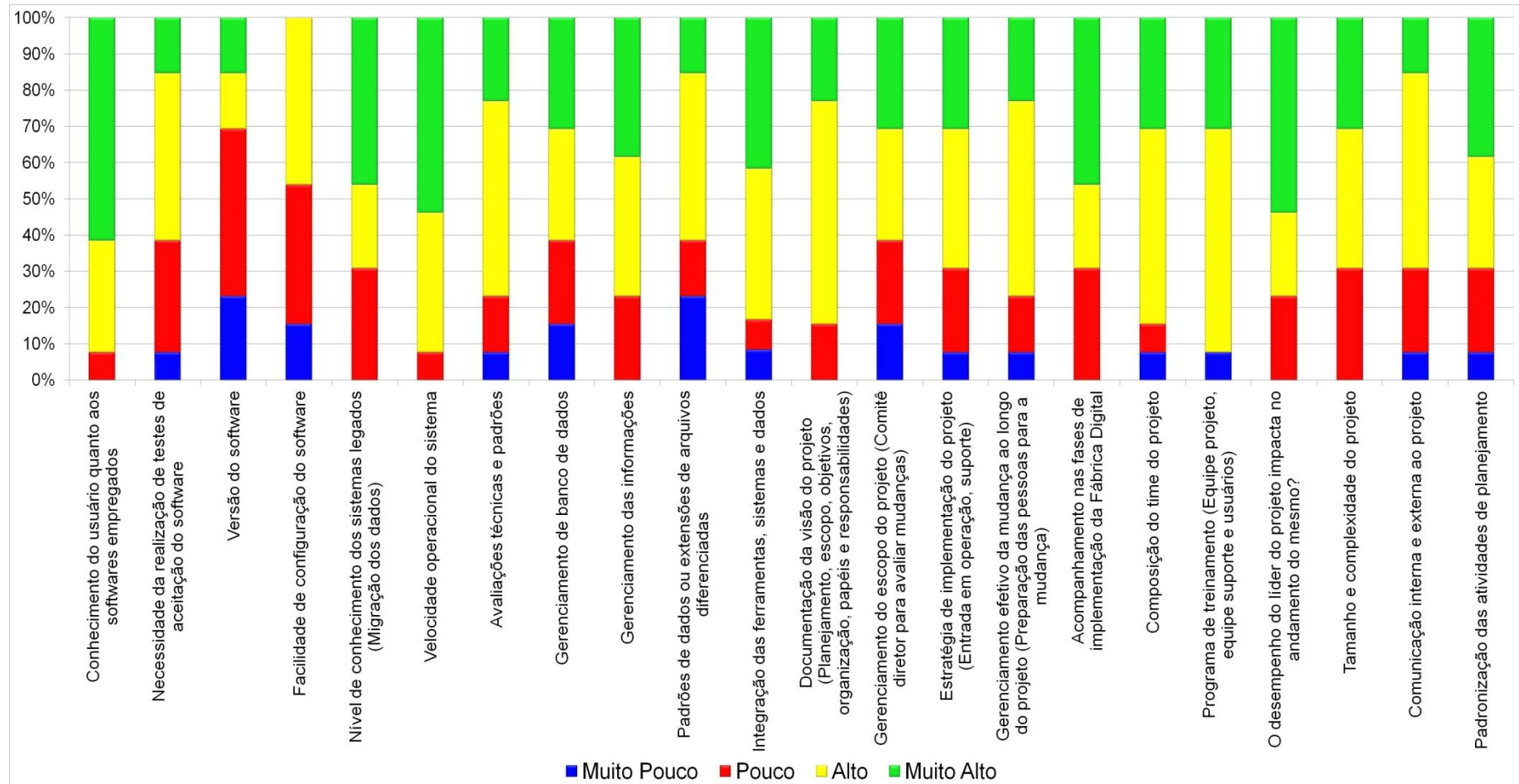
Categorias de risco	Fatores de risco		Gráfico de frequências	Justificativa										
Aspectos Economicos	36	Questões economicas	<p>Questões economicas</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>3</td><td>31%</td></tr><tr><td>4</td><td>54%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	8%	3	31%	4	54%	O fator afeta diretamente a aquisição de softwares e treinamentos. O investimento em Fábrica Digital é alto, se a ferramenta não for bem aceita ou for sub-utilizada, dificilmente esse valor de investimento terá um retorno palpável.
Frequência	Porcentagem													
0	8%													
1	8%													
3	31%													
4	54%													
Parceiros	37	Parceiros com conhecimento e experiência	<p>Parceiros com conhecimento e experiência</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>1</td><td>15%</td></tr><tr><td>3</td><td>46%</td></tr><tr><td>4</td><td>38%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	0%	1	15%	3	46%	4	38%	Este fator possibilita maior agilidade na execução do projeto, pois facilita a troca de informações e conhecimentos entre fornecedores e fábrica. O tempo do projeto pode ser prejudicado pela falta de conhecimento e experiência do usuário.
Frequência	Porcentagem													
0	0%													
1	15%													
3	46%													
4	38%													
Infra- Estrutura	38	Infra-estrutura e instalações para o projeto (Salas, computadores, redes)	<p>Infra-estrutura e instalações para o projeto (Salas, computadores, redes)</p> <table><thead><tr><th>Frequência</th><th>Porcentagem</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>8%</td></tr><tr><td>1</td><td>0%</td></tr><tr><td>3</td><td>23%</td></tr><tr><td>4</td><td>69%</td></tr></tbody></table>	Frequência	Porcentagem	0	8%	1	0%	3	23%	4	69%	A infra-estrutura foi apontada como fundamental pelos respondentes pois garante o andamento do projeto. Não existe FD sem computadores e rede. Quanto melhor a infra- estrutura, menor são os "Job-stoppers", ou seja, as paradas de trabalho. Para isto é preciso ter boas Workstations e uma rede que funcione bem. Uma boa infra-estrutura proporciona ganhos de tempo e aderência na implementação do projeto.
Frequência	Porcentagem													
0	8%													
1	0%													
3	23%													
4	69%													

Fonte: Desenvolvido pela autora

A relação de fatores impactantes segundo a visão dos entrevistados está ilustrada na figura 4.7. Para cada fator encontra-se ilustrada a frequência de cada uma das respostas. Como exemplo, o fator conhecimento do usuário quanto ao software empregado possui a maior frequência das respostas no valor muito alto, algumas respostas no valor alto, poucas respostas no valor pouco e nenhuma resposta no valor muito pouco. Isto mostra que este fator possui muito impacto na implementação do projeto de FD.

O resultado do *ranking* estabelecido a partir da aceitação do usuário quanto à importância dos fatores encontra-se representado na figura 4.8.

Figura 4.7 – Relação de fatores impactantes segundo visão dos especialistas.



Fonte: Desenvolvido pela autora

Figura 4.7 (continuação) – Relação de fatores impactantes segundo visão dos especialistas.

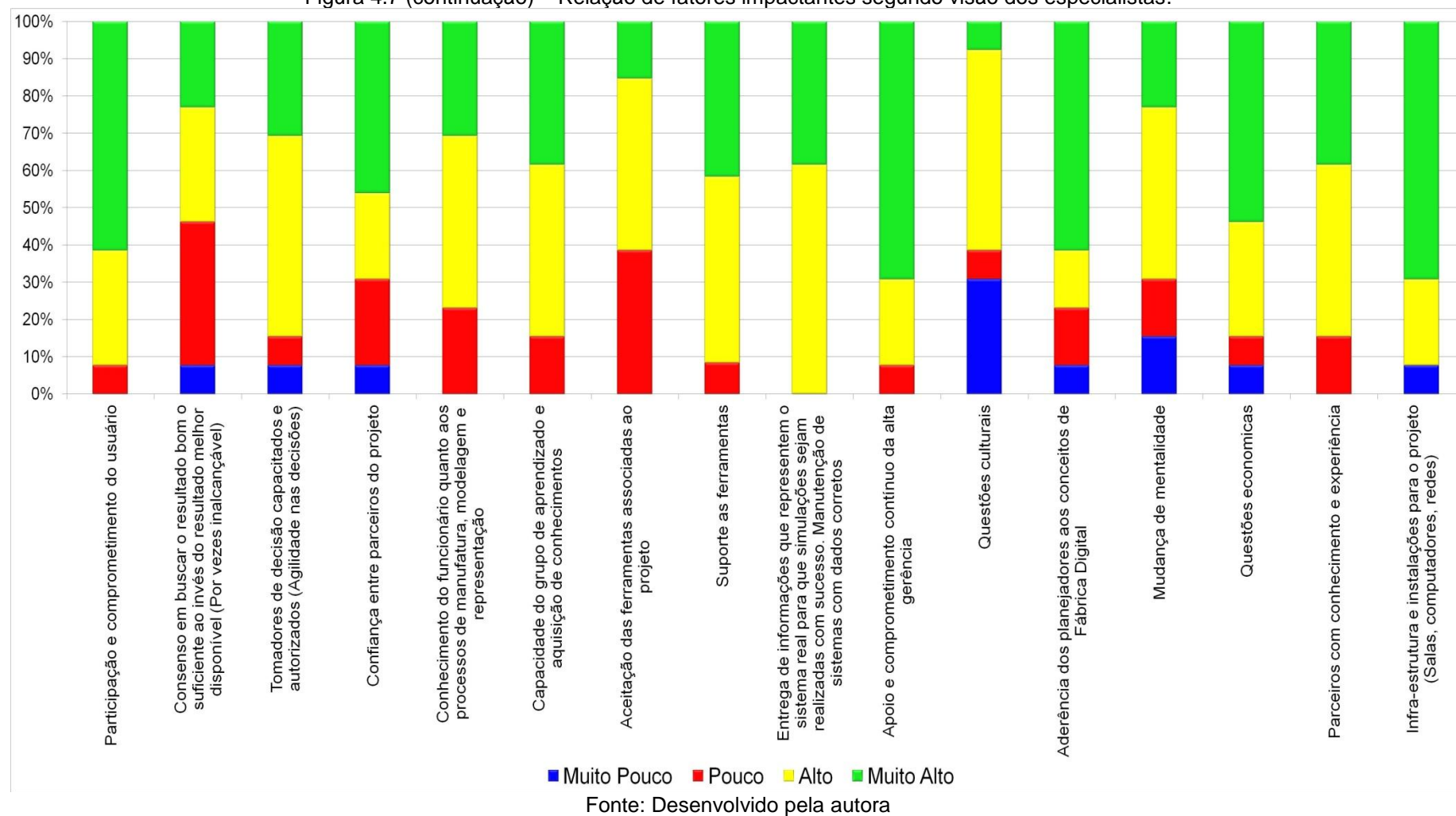


Figura 4.8 – *Ranking* da importância dos fatores para o estudo de caso

Fonte: Desenvolvido pela autora

Observa-se na figura 4.8 que o apoio e comprometimento contínuo da alta gerência apresenta o maior índice de aceitação de importância do fator para o risco do projeto, ou seja, possui a maior frequência de respostas no valores de muito alto e alto. Já os últimos três fatores apresentados no *ranking*, questões culturais, facilidade de configuração do software e versão do software apresentam uma aceitação muito baixa, menor que cinquenta por cento, quanto a importância do fator para o projeto, ou seja, a maior frequência das respostas em valores de pouco e muito pouco. Sendo assim não podem ser considerados fatores de risco do projeto.

4.3.3 Fatores de riscos adicionais apresentados pela empresa

O questionário que foi aplicado no estudo de campo possibilitava aos respondentes a inserção de fatores que não se encontravam listados, porém que eles entendessem como fatores que possuem grande impacto na implementação da FD. Estes fatores encontram-se listados abaixo juntamente com as justificativas dos respondentes:

- ✓ Pluralidade de softwares na organização – atualmente a empresa A conta com vários softwares que possuem a mesma função. Isto pode dificultar a implementação da FD no aspecto que cada usuário encontra-se familiarizado com uma ferramenta diferente;
- ✓ Envolvimento dos fornecedores de informações - os fornecedores dos dados necessários para a realização das modelagens devem compreender a importância da realização de simulações. Como exemplo, têm-se os fornecedores de dados de peças. A partir das informações por eles fornecidas torna-se possível realizar simulações quanto ao processo;
- ✓ Comprometimento das áreas fornecedoras de dados - necessário que os fornecedores de informações tenham consciência da importância de se detalhar ao máximo as informações para o bom encaminhamento dos estudos, tornando o resultado o mais "real" possível;
- ✓ Conectividade entre tarefas. Como exemplo tem-se uma modelagem em que o processo já está definido, porém a modelagem predial ainda não foi realizada;

- ✓ Grupo dedicado e qualificado – para assegurar os padrões de arquivos, faz-se necessário garantir que informações estejam disponíveis, garantir que a customização realizada pelos fornecedores seja compatível com o ambiente e realizar a manutenção do ambiente;
- ✓ Benefícios com *cost avoid* - a FD apresenta muitos benefícios com *cost avoid* (economia de custos antes dos projetos serem realizados), ao invés de economias de *saving* (economia com projetos já realizados). Desta forma, os benefícios apresentados pela FD tornam-se muitas vezes difíceis de serem mensurados;
- ✓ Equipe engajada – equipe que cumpre os desafios e é motivada tanto moralmente como financeiramente é fundamental para o sucesso de qualquer projeto;
- ✓ Capacidade de rede - necessário para que se possa realizar o envio de grandes pacotes; e
- ✓ Autonomia do usuário no gerenciamento do software.

4.3.4 Análise estatística do questionário

A fim de avaliar a dispersão entre duas variáveis, testando a hipótese, por exemplo, de duas categorias possuírem a mesma opinião em relação a uma determinada situação, realizou-se o teste Qui - quadrado, com um intervalo de confiança de 95%. Este teste possibilita a comparação de divergências de frequências em um evento (MCCLAVE, BENSON e SINCICH, 2008).

Desta forma, o objetivo de utilizar esta análise no presente trabalho consiste em avaliar se as respostas obtidas com o questionário divergem quanto à formação e profissão dos entrevistados. Utilizou-se do software SPSS para a realização da análise do teste de Qui Quadrado.

Por meio do teste Qui quadrado verifica-se, conforme mostra o quadro 4.2, que nenhuma das questões apresenta o p valor < 0.05 , logo, pode-se confirmar que as respostas obtidas com a aplicação do questionário não apresentam nenhuma diferenciação quanto à formação dos entrevistados, ou seja, tanto engenheiros de computação quanto engenheiros mecânicos possuem a mesma visão quanto à

importância de tais fatores. O quadro 4.2 representa a análise estatística de Qui – Quadrado.

Quadro 4.2 – Resultado da análise Qui-quadrado quanto à formação

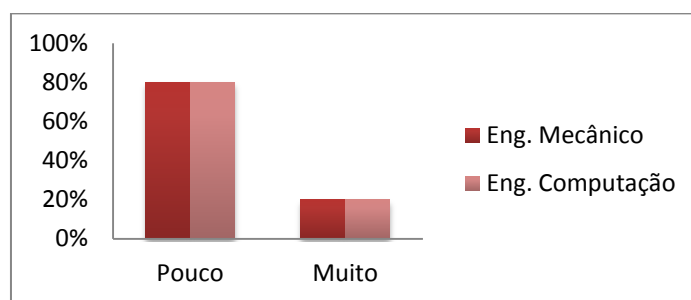
Comparativo quanto a formação (Eng. Mec X Computação)			
Categorias	Fatores	Teste Qui Quadrado	
		X ² (1)	p-valor
Aspectos Técnicos	1 Conhecimento do usuário quanto aos softwares empregados	1,111	0,292
	2 Necessidade da realização de testes de aceitação do software.	0,4	0,527
	3 Versão do software	0	1
	4 Facilidade de configuração do software	1,667	0,197
	5 Nível de conhecimento dos sistemas legados (Migração dos dados)	0,476	0,49
	6 Velocidade operacional do sistema	1,111	0,292
	7 Avaliações técnicas e padrões	2,5	0,114
	8 Gerenciamento de banco de dados	0	1
	9 Gerenciamento das informações	0,476	0,49
	10 Padrões de dados, ou, extensões de arquivos diferenciadas	3,6	0,58
	11 Integração das ferramentas, sistemas e dados	1,406	0,236
Gestão de Projeto	12 Documentação da visão do projeto (Planejamento, escopo, objetivos, organização, papéis e responsabilidades)	0	1
	13 Gerenciamento do escopo do projeto (Comitê diretor para avaliar mudanças)	0	1
	14 Estratégia de implementação do projeto (Entrada em operação, suporte)	0,476	0,49
	15 Gerenciamento efetivo da mudança ao longo do projeto (Preparação das pessoas para a mudança)	2,5	0,114
	16 Acompanhamento, nas fases de implementação do conceito	0,476	0,49
	17 Composição do time do projeto	2,5	0,114
	18 Programa de treinamento (Equipe projeto, equipe suporte e usuários)	1,111	0,292
	19 O desempenho do líder do projeto impacta no andamento do mesmo?	0,476	0,49
	20 Tamanho e complexidade do projeto	1,667	0,197
	21 Comunicação interna e externa ao projeto	1,667	0,197
	22 Padronização das atividades de planejamento	0	1
Recursos Humanos	23 Participação e comprometimento do usuário	1,111	0,292
	24 Consenso em buscar o resultado bom o suficiente ao invés do resultado melhor disponível (Por vezes inalcançável)	3,6	0,58
	25 Tomadores de decisão capacitados e autorizados (Agilidade nas decisões)	2,5	0,114
	26 Confiança entre parceiros do projeto	0,476	0,49
	27 Conhecimento do funcionário quanto aos processos de manufatura, modelagem e representação	0,476	0,49
	28 Capacidade do grupo de aprendizado e aquisição de conhecimentos	2,5	0,114
	29 Aceitação das ferramentas associadas ao projeto	0,4	0,527
	30 Suporte as ferramentas	1,406	0,236
Comunicação	31 Entrega de informações que representem o sistema real para que simulações sejam realizadas com sucesso. Manutenção de	0	0
Aspectos Culturais	32 Apoio e comprometimento contínuo da alta gerência	1,111	0,292
	33 Questões culturais	0	1
	34 Aderencia dos planejadores aos conceitos de Fábrica Digital	4,286 *	0,117
	35 Mudança de mentalidade	0,476	0,49
Aspectos Economicos	36 Questões economicas	0	1
Parceiros	37 Parceiros com conhecimento e experiência	2,5	0,114
Infra- Estrutura	38 Infra-estrutura e instalações para o projeto (Salas, computadores, redes).	1,111	0,292

Fonte: Desenvolvido pela autora

Vale ressaltar que nas questões 3, 7, 12, 13, 19, 23, 22, 31 e 36, o número de respostas em cada combinação foi inferior a cinco casos, tornando o teste do qui-quadrado inválido.

Ainda assim não existe nenhuma diferenciação entre as respostas obtidas pelos engenheiros mecânicos e da computação para as estas questões. Como exemplo, os gráficos das figuras 4.3, 4.4 e 4.5, referentes aos resultados dos fatores de versão do software, gerenciamento de banco de dados e documentação da visão do projeto respectivamente, apontam as respostas dos respondentes para as referidas questões e mostram a não divergência dos respondentes quanto as mesmas.

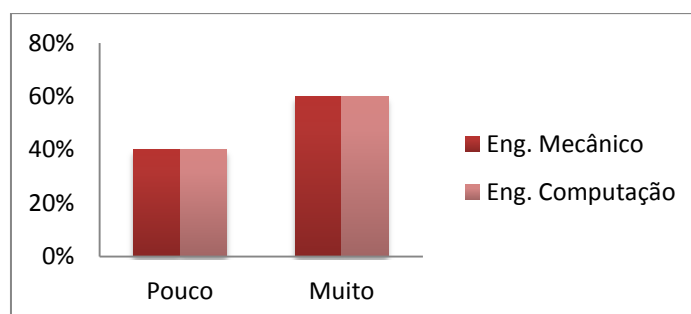
Figura 4.9 – Resultado do questionário para o fator versão do software



Fonte: Desenvolvido pela autora

Como pode ser visto na figura 4.3, oitenta por cento dos engenheiros mecânicos apresentam que o fator de versão do software possui pouco impacto no projeto de FD. O mesmo percentual de engenheiros da computação concordam com essa afirmação. Já vinte por cento de ambas as categorias acreditam que o impacto do fator no projeto de FD é muito alto.

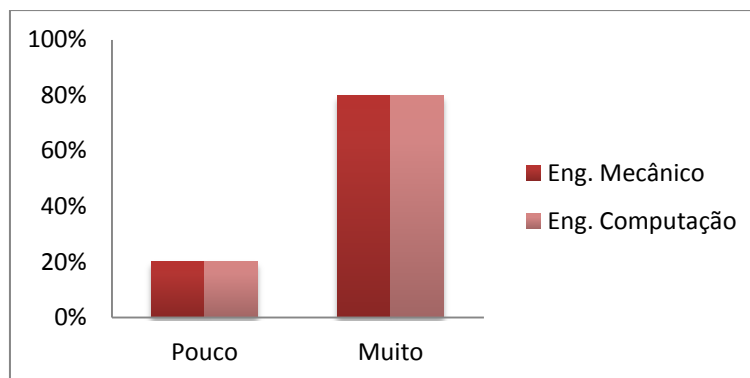
Figura 4.10 – Resultado do questionário para o fator de gerenciamento de banco de dados



Fonte: Desenvolvido pela autora

Já na figura 4.4, quarenta por cento dos engenheiros mecânicos e da computação concordam que o fator referente ao gerenciamento de banco de dados possui pouco impacto no projeto de FD e sessenta por cento de ambas as categorias acreditam que o impacto do fator no projeto de FD é muito alto.

Figura 4.11 – Resultado do questionário para o fator de documentação da visão do projeto



Fonte: Desenvolvido pela autora

O resultado do gráfico da figura 4.5 também aponta um exemplo de como as referidas questões, por mais que não apresentem um número de amostra suficiente para cada categoria, não apresenta divergência quanto aos fatores.

O resultado relatado no quadro 4.3, demonstra também não haver divergências significativas nas opiniões dos entrevistados de acordo com as suas profissões, ou seja, de analistas para engenheiros, pois nenhum p-valor possui valor menor que 0.05.

As questões 18 e 31, assim como as questões apresentadas anteriormente, possuiu um número de respostas em cada combinação inferior a cinco casos, tornando o teste do qui-quadrado inválido.

Quadro 4.3 – Resultado da análise Qui-quadrado quanto à profissão

Comparativo quanto a profissão (Eng. de processos x Analista)				
Categorias	Fatores	Teste Qui Quadrado		
		X2(1)	p-valor	
Aspectos Técnicos	1	Conhecimento do usuário quanto aos softwares empregados	0,917	0,338
	2	Necessidade da realização de testes de aceitação do software.	2,213	0,137
	3	Versão do software	1,061	0,303
	4	Facilidade de configuração do software	0,11	0,74
	5	Nível de conhecimento dos sistemas legados (Migração dos dados)	0,244	0,621
	6	Velocidade operacional do sistema	0,917	0,338
	7	Avaliações técnicas e padrões	0,749	0,387
	8	Gerenciamento de banco de dados	2,213	0,137
	9	Gerenciamento das informações	0,2	0,887
	10	Padrões de dados, ou, extensões de arquivos diferenciadas	4,95	0,26
	11	Integração das ferramentas, sistemas e dados	1,111	0,292
Gestão de Projeto	12	Documentação da visão do projeto (Planejamento, escopo, objetivos, organização, papéis e responsabilidades)	0,917	0,338
	13	Gerenciamento do escopo do projeto (Comitê diretor para avaliar mudanças)	0,52	0,819
	14	Estratégia de implementação do projeto (Entrada em operação, suporte)	4,95	0,26
	15	Gerenciamento efetivo da mudança ao longo do projeto (Preparação das pessoas para a mudança)	0,2	0,887
	16	Acompanhamento, nas fases de implementação do conceito	0,244	0,621
	17	Composição do time do projeto	1,32	0,251
	18	Programa de treinamento (Equipe projeto, equipe suporte e usuários)	0	0
	19	O desempenho do líder do projeto impacta no andamento do mesmo?	0,2	0,887
	20	Tamanho e complexidade do projeto	0,244	0,621
	21	Comunicação interna e externa ao projeto	0,2	0,887
	22	Padronização das atividades de planejamento	0,749	0,387
Recursos Humanos	23	Participação e comprometimento do usuário	0,917	0,338
	24	Consenso em buscar o resultado bom o suficiente ao invés do resultado melhor disponível (Por vezes inalcançável)	1,061	0,303
	25	Tomadores de decisão capacitados e autorizados (Agilidade nas decisões)	1,32	0,251
	26	Confiança entre parceiros do projeto	2,44	0,621
	27	Conhecimento do funcionário quanto aos processos de manufatura, modelagem e representação	0,2	0,887
	28	Capacidade do grupo de aprendizado e aquisição de conhecimentos	1,32	0,251
	29	Aceitação das ferramentas associadas ao projeto	2,396	0,122
	30	Suporte as ferramentas	1,111	0,292
	31	Entrega de informações que representem o sistema real para que simulações sejam realizadas com sucesso. Manutenção de	0	0
Aspectos Culturais	32	Apoio e comprometimento contínuo da alta gerência	1,32	0,251
	33	Questões culturais	5,238	0,22
	34	Aderencia dos planejadores aos conceitos de Fábrica Digital	1,32	0,251
	35	Mudança de mentalidade	3,437	0,64
Aspectos Economicos	36	Questões economicas	2,933	0,87
Parceiros	37	Parceiros com conhecimento e experiência	1,32	0,251
Infra- Estrutura	38	Infra-estrutura e instalações para o projeto (Salas, computadores, redes).	0,917	0,338

Fonte: Desenvolvido pela autora

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho adota o conceito de Fábrica Digital como um sistema integrado que possibilita melhorias nos processos de Engenharia de Produto e Manufatura por meio de ferramentas de simulação computacional, que compõe a FD. Assim, nos termos deste conceito torna-se possível avaliar os processos de desenvolvimento, teste e otimização do produto, desenvolvimento e otimização dos processos produtivos, projeto e melhoria da planta, planejamento e controle das operações e até mesmo no treinamento de funcionários.

No desenvolvimento do trabalho, entretanto, foi possível verificar que as opiniões de autores se diferenciam quanto à conceituação da FD.

Segundo alguns autores, a FD pode ser implementada de forma isolada, atuando, por exemplo, somente na área de Engenharia de Manufatura. Neste caso, a FD pode ser definida como um conjunto de ferramentas ou softwares que utiliza da simulação computacional para virtualmente desenvolver, testar ou melhorar produtos e processos, proporcionando inúmeros benefícios como redução de custos adquirida através da otimização de processos produtivos, maior disponibilidade física possibilitada com simulações de *layout*, menor tempo de ciclo e até mesmo de *lead time* adquirida com a utilização de simuladores de fluxo, economia de custos na implantação de novos processos, proporcionada com ferramentas de simulação de processos e meios onde se realizam análises de viabilidade e melhorias antes mesmo do novo processo ser adquirido, etc. Já em um conceito mais amplo, que corresponde a um sistema integrado e que foi o conceito adotado no presente trabalho, a FD proporciona à organização, além de todos os benefícios supramencionados, uma maior agilidade na troca de informações, visto que os softwares estão integrados, redução do tempo de lançamento, gerado a partir do desenvolvimento simultâneo do produto, por meio da interação das diversas áreas proporcionada pelos simuladores, auxílio na disseminação e troca de conhecimento entre colaboradores e áreas, consolidação de uma única prática de manufatura dentro da organização como um todo, ambiente normalizado e corporativo em que a atividade de planejamento pode ser desenvolvida em um local e o produto pode ser produzido em outro, entre outros.

Além destas duas definições Kuehn (2006a) revela um conceito que vai além, tratando de uma interação da Fábrica Virtual, que possui o mesmo significado de FD apresentado no parágrafo anterior, com a fábrica real obtida com o auxílio da automação. Este conceito, como se identificou no decorrer do trabalho, especialmente por meio do estudo de caso, definitivamente é a meta das organizações, porém ainda se encontra longe de ocorrer perfeitamente, inclusive devido ao avanço da tecnologia. No entanto, proporcionará as organizações um ambiente colaborativo, onde todas as informações serão trocadas em tempo real.

Tendo em vista a vantagem competitiva que a FD proporciona para a organização quando o seu potencial é explorado ao longo do tempo e a amplitude de sua atuação, o objetivo do presente trabalho foi identificar, selecionar e priorizar os fatores impactantes na implementação de um projeto de FD em uma organização do setor automotivo. Isto porque a implementação de um sistema integrado de Fábrica Digital exige alto investimento financeiro, além de muitas mudanças internas nos processos da organização. Para que se torne viável a implementação de um projeto amplo e complexo como a FD, faz-se necessário o gerenciamento de riscos que possibilite que os resultados esperados com a implantação sejam atingidos. A identificação dos riscos também auxilia direcionando atitudes preventivas das organizações que desejarem adquirir um projeto de FD.

Além disto, a literatura apresenta diversos casos de projetos que fracassaram pelo fato de não preverem seus riscos. Este trabalho também serve de apoio às organizações que desejam iniciar o projeto de FD e que não possuem organizações de referência.

Com a intenção de apresentar uma tecnologia, por muitos ainda desconhecida, o trabalho buscou relatar os conceitos gerais da FD, os principais benefícios por ela proporcionados, as áreas de atuação, bem como a implementação de tal projeto e os principais fatores de risco para esta implementação. Assim, como resultado da revisão bibliográfica, em que um resgate teórico a partir de obras de conceituados autores no assunto, foi possível alcançar o primeiro objetivo específico correspondente à identificação de fatores de risco em um projeto de FD. Isto foi de fundamental importância para o desenvolvimento do trabalho, pois conforme visto posteriormente, no estudo de caso, a empresa A não desenvolveu um gerenciamento de risco do projeto em sua unidade.

A partir de então tornou-se possível o desenvolvimento dos instrumentos de coleta de dados que corresponderam a entrevistas e questionários. A classificação dos fatores em categorias de risco fez-se necessária para agrupar os mesmos, fazendo com que estes estivessem dispostos de uma forma lógica nos questionários.

Por meio da realização do estudo de caso obteve-se um exemplo prático de como o conceito da FD tem sido implementado em uma unidade de uma organização multinacional do setor automotivo.

A aplicação da entrevista a gestores do projeto de FD em unidades distintas da mesma organização, uma no Brasil e outra na Espanha, possibilitou concluir que quanto às áreas de atuação da FD, cada uma das unidades tem liberdade para escolher as tecnologias que melhor se adaptem a sua estratégia de negócio. O estudo de caso revelou ainda, que cada unidade visa atender as suas necessidades, como exemplo podemos citar os softwares de treinamento de pessoal que são empregados pela unidade da Espanha, cujo principal objetivo é o de atender a necessidade de rapidez no treinamento de novos funcionários, enquanto no Brasil esta necessidade ainda não foi contemplada.

A mensuração de benefícios financeiros proporcionados pela FD é uma tarefa difícil. Isto se deve ao fato da mesma destinar-se, na maioria das vezes, à prevenção de custos, ou seja, à economia de custos antes mesmo da implantação de um novo projeto de produto ou processo, aqui chamado de *Cost Avoid*. A economia através de *savings*, economia em processos já implantados, também ocorre, porém o principal objetivo da FD é a implantação de projetos sem erros e custos adicionais já no início de seu processo.

Outro ponto que se mostrou relevante através do estudo, é o fato de que a empresa A não realizar a etapa de gerenciamento de risco ao longo do projeto de FD, sendo a experiência da unidade matriz o único alerta a futuros riscos. No entanto, a afirmação de que os riscos de uma empresa em uma unidade matriz localizada em um país diferente, cuja economia e parâmetros culturais diferem dos nossos, são iguais, ou similares, aos riscos apresentados na unidade Brasil, foi confirmada através do resultado dos questionários, onde o fator referente a questões culturais não se apresentaram de forma impactante.

Por meio da aplicação dos questionários no estudo de caso, tornou-se possível também a seleção e priorização dos fatores de risco. Dentre a lista de fatores obtida como resultado do capítulo dois e depois pré-selecionada pela autora, verificou-se que três, dos trinta e oito fatores, não foram classificados como fatores de risco pelos respondentes. Sendo estes os fatores relacionados a questões culturais, versão do software e facilidade de configuração do mesmo. Conclui-se com isto que por mais que a manutenção da versão do software, assim como a facilidade de configuração do mesmo possibilitem melhorias ao sistema, como estarem com as necessidades dos usuários atualizadas e demandarem menor tempo de trabalho por parte do mesmo, não interferem diretamente na implementação da FD.

Alguns fatores adicionais foram levantados no estudo de caso, sendo estes a pluralidade de softwares na organização, envolvimento dos fornecedores de informações, o comprometimento das áreas fornecedoras de dados, a conectividade entre tarefas, a existência de um grupo dedicado e qualificado, a dificuldade de mensuração de benefícios com *cost avoid*, equipe engajada, capacidade de e autonomia do usuário no gerenciamento do software.

Como principal contribuição do presente trabalho encontra-se uma lista de fatores priorizados no estudo de caso, que se constitui em ferramenta importante para empresas que desejam implantar um projeto de FD, servindo também como referência para analisar e reagir preventivamente, quando possível, a alguns riscos de projeto. Esta lista também possibilita que demais pesquisadores desenvolvam trabalhos, atuando em cada um dos fatores, investigando e propondo soluções para que estes não ocorram.

Como sugestões para trabalhos futuros, aponta-se que esta dissertação apresenta uma lista de fatores que impactam na implementação da FD, mas não realiza todas as demais etapas vinculadas ao gerenciamento de riscos propostas na metodologia de projetos. Dessa forma, sugere-se que trabalhos sejam desenvolvidos a fim de sanar as dificuldades para cada um dos fatores apontados, podendo apresentar suas principais, causas, efeitos e as formas de prevenção destes riscos.

Por último observou-se uma carência de trabalhos que apresentem a FD como um projeto. Diante disto um trabalho que realize a validação de uma

metodologia de implementação de FD, focando principalmente nas fases de implementação, poderia servir como um guia para empresas desejassem investir neste tipo de sistema.

REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHYAN, F. Conectando EVM com gerenciamento de riscos e entendendo o conceito de business value em projetos. **In: Revista Mundo Project Management**. V. 8, n.45, p. 30-36, jun/jul 2012.
- ALEXANDRE, J.W.C.; ANDRADE, D. F.; VASCONCELOS, A. P.; ARAUJO, A. M. S.; BATISTA, M. J. Análise do número de categorias da escala de *Likert* aplicada à gestão pela qualidade total através da teoria da resposta ao item. **In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**. Minas Gerais: ENEGEP, 2003.
- AZEVEDO, A.; ALMEIDA, A. Factory Templates for Digital Factories Framework. **In: Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**. V. 27, n.4, p. 755–771, 2011.
- BACK, N. **Metodologia de Projetos de Produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983, 389 p
- BANKS, J; CARSON, J. **Discrete-Event Systems Simulation**, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984.
- BANERJEE, P.; ZETU, D. **Virtual manufacturing**. New York: John Wiley & Sons, 2001. 320p.
- BARBOSA, G. F. **Aplicação da metodologia DFMA – Design for Manufacturing and Assembly no projeto e fabricação de aeronaves**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007, 165 p.
- BENAVENTE, J. C. T. **Um Sistema para o Projeto e Fabricação de Peças Mecânicas a Distância Via Internet Aderente à Norma ISO 14649 (STEP-NC)**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011. 239p.
- BLANCHARD, B.S., FABRYCKY, W.J. **Systems Engineering and Analysis**. 3 ed. EUA: Prentice Hall, 1998.
- BOEHM, B. W. A Spiral Model of Software Development. **In: The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE)**, v. 21 n. 5, p. 61–72, 1988.
- BRACHT, U., GECKLER, D., WENZEL, S.: **Digitale Fabrik – Methoden und Praxisbeispiele**. Berlin: Springer, 2010.
- CÁCERES, M. S. J. **Proposta de Metodologia para Implementação de Sistemas de Manufatura Digital baseada no Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto com ênfase no Ensino Tecnológico**. Tese de Doutorado. Curso de Doutorado da Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2010. 114p.

CAGGIANO, A.; TETI, R. Digital Manufacturing Cell Design for Performance Increase. In: **CIRP Global Web Conference: Interdisciplinary Research in Production Engineering**. P. 64-69, 2012

CARNIEL, D. R.; AYMONE, J. L. F. Desenvolvimento virtual e visualização de produtos a partir de banco de dados e modelagem 3D. **SIGraDi**, São Paulo, p. 36-38, 2009.

CHAIN, M. C.; CORRIVEAU, G.; VIEIRA, D. R. Diagnóstico prático para implementação de métodos ágeis. In: **Revista Mundo Project Management**. V.8, n. 45, p. 22 a 29, jun/jul 2012.

CHWIF, L. MEDINA, A.F., **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**. Ed. Leonardo Chwif, São Paulo, 2ª edição, 2007.

CHRYSSOLOURIS, G.; MAVRIKIOS, D., PAPAKOSTAS, N.; MOURTZIS, D.; MICHALOS, G.; GEORGOULIAS, K.; Digital manufacturing: history, perspectives, and Outlook. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. **Journal of Engineering Manufacture**. Thousand Oaks, CA, v. 223, n.5, p.451–462, mai.2009

CIMDATA, INC. Global leaders in PLM consulting. **Manufacturing goes digital** . Michigan: maio, 2006.

CORRÊA, H. L., GIANESI, I. G. N., CAON, M., **Planejamento, Programação e Controle da Produção MRP II/ERP: Conceitos, Uso e Implantação**, Editora Atlas, 4ª Edição, 2001.

DE CARLI, P. C. **Identificação, priorização e análise dos fatores críticos de sucesso na implantação da Fábrica Digital em uma empresa**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2008, 138 p.

DE CARLI, P. C., DELAMARO, M. C., SALOMON, V. A. P. Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de Fábrica Digital. **Revista Produção**, v.20, n.4, p. 549-564, 2010.

DE CARLI, P. C., DELAMARO, M. C. Implantação da Manufatura Digital numa empresa: identificando os fatores críticos de sucesso. In: **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2007, Foz do Iguaçu. Anais do XXVII ENEGEP. Niterói : Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007. v. 1. p. 1-10.

DASSAULT SYSTÉMES, Delmia World News, 3DS Magazines. Disponível em: <http://www.3ds.com/pt/company/3ds-magazines/delmia-world-news/> Acesso em: 15 junho 2012.

DEUSDADO, L. D. **Ambientes Virtuais Povoados com Simulação Eficiente de Detecção de Colisões e Planeamento de Trajectos em Navegação Realmente 3D**. Tese de Doutorado. Programa de Pós- Graduação em Informática, Universidade do Minho. Braga, Portugal, 2008. 260p.

DIEHL, A. e TATIM, D.C. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: método e técnicas**. São Paulo : Prentice Hall, 2004.
Revista de Administração da UFSM.

DUARTE, C. C. M.; BIANCOLINO, C. A.; STOROPOLI, J. E.; RICCIO, E. L. Análise do conceito de sucesso aplicado ao gerenciamento de projetos de tecnologia da informação. **In: Revista de Administração**. UFSM, Santa Maria, v. 5, n. 3, p. 459-478, SET./DEZ. 2012

ESPINOZA, M.; SCHAEFFER, L. Uso do CAD/CAE/CAM na Produção de Matrizes para os Processos Novos de Conformação Mecânica. **In: Revista del Instituto de Investigación FIGMMG**, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, v. 7 n. 14 p 84-91, 2004.

FERDENA, A. B. **Integração Metrologia: CAD e CAM: Uma Contribuição ao Estudo de Engenharia Reversa**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999, 112p.

FIGUEIRA, R. J. C. M. **CAD/CAE/CAM/CIM**. Lisboa: Instituto Politécnico do Porto, 2003.

FONSECA, J. C. **Utilização da Simulação Computacional como ferramenta para auxiliar no processo de tomada de decisão**. Monografia de Graduação. Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Paran. Curitiba, 2007, 90 p.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas- com aplicações em Arena**. Visual Books. Florianópolis, SC, BRASIL, 2001

GAMA, E.B. **Benefícios obtidos na colaboração entre sistemas MES e sistemas de manufatura digital do PLM- Diagnóstico**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2011, 268 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2009

GOULDING, J.; NADIM, W.; PETRIDIS, P.; ALSHAWI, M.; Construction industry offsite production: A virtual reality interactive training environment prototype. **Advanced Engineering Informatics**, v. 26, p.103-116, 2012.

GUENTHER, H. Como elaborar um questionário. In: L. Pasquali (Org.), **Instrumentos psicológicos: manual prático de elaboração**. Brasília: LabPAM, IBAPP, p. 231- 258, 1999.

HANWU, H.; XIONG, Y.; SHUZI, Y.; WU, B. Virtual Manufacturing Systems and Environment. **Proceedings of IEEE on Industry Technology**, p. 13-24, 1996.

HENRIQUES, R. V. B. Programação e simulação de robôs. In: Vitor Romano. (Org). **Robótica industrial: Aplicação na indústria de manufatura e processos**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, p. 109-125, 2002.

KIM, G. Y., LEE, J. Y., KANG, H. S., NOH, S.D. Digital Factory Wizard: an integrated system for concurrent digital engineering in product lifecycle management. In: **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 23, n. 11,p. 1028–1045, Nov. 2010.

KRAÏEM, N. Virtual spaces and virtual manufacturing. **IEEE**, v. 6, p 90-93, 2001

KUEHN, W. **Digitale Fabrik. Fabriksimulation für Produktionsplaner**. München: Hanser Verlag, 2006a.

KUEHN, W. Digital factory: integration of simulation enhancing the product and production process towards operative control and optimisation. **International Journal of Simulation**, v. 7, n. 7, p. 27-29, 2006b.

KOCHAN, D. CAM - Developments in Computer Integrated Manufacturing Springer Verlag. Berlin: Heidelberg, 1986.

KUMAR, E. R.; ANNAMALAI, K. An Overview of Virtual Manufacturing with Case Studies. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v. 3, n. 4, p. 2720- 2727 abr. 2011

LAVRIN, A.; ZELKO, M. Moving toward the digital factory in raw material resources área. **Acta Montanistica Slovaca**.v.15,n.3, p225-231, 2010.

LEE, W.B.; CHEUNG, C.F.; LI, J. G. Applications of Virtual Manufacturing in materials processing. In: **Journal of Material Processing Technology**, n.113, p. 416- 423, 2001.

LOBÃO, E. C., PORTO, A. J. V. Evolução das Técnicas de Simulação. **Revista Produção**, v. 9, n. 1, p. 13 – 22,1999.

MAROCO, J. **Análise estatística- com a utilização do SPSS**. 3ed, Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

MARTINS, G. A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. São Paulo: Atlas: 2006.

MATTAR, F.N. **Pesquisa de Marketing: metodologia, planejamento, execução e análise**, 2 ed. São Paulo: Atlas, 1994

MAXIMIANO, A. C. A.; LEROY, D.; MORAIS, C. H. B.; BUERGERS, E. I.; MORAN, M. R.; YUGUE, R. T. Avaliação do uso de ferramentas de gerenciamento de projetos. **Revista Economia & Gestão**, v. 11, n. 27, 2011.

MCCLAVE, J. T.; BENSON, P. G.; SINCICH, T. **Estatística para Administração e Economia**. 10 ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2008.

MENGES, R. **Frühzeitige Produktbeeinflussung und Prozessabsicherung**. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. München: Carl Hanser Verlag. 2005. p. 25-31.

MICCOLI, W. R. V. **Sistematização das metodologias atuais de gerenciamento de projetos nas indústrias de grande porte da grande Curitiba: um estudo de multi-casos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004, 167p.

MILLS, S.; NOYES, J. Virtual reality: An overview of user-related design issues. **Interacting with computers**, Revised Paper for Special Issue on "Virtual reality: user issues", v.11, n.4, p. 375-386, 1999.

MORANO, C. A. R.; MARTINS, C. G.; FERREIRA, M. L. R. Aplicação das técnicas de identificação de risco em empreendimentos de E & P. **Engevista**, v.8, n.2, p.120-133, dezembro 2006.

NAKASHIMA, D. T. V. & CARVALHO, M. M. Identificação de riscos em projetos de TI. In: **Anais XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Curitiba, 2002.

NAVEIRO, R. M.; BORGES, M. M. A Gestão do conhecimento no processo virtual de desenvolvimento de Produtos. **Produto & Produção**, v.8, n.3, p. 93-108, out. 2005.

NETTO, A.V.; MACHADO, L.S.; OLIVEIRA, M.C.F. "Realidade Virtual: Definições, Dispositivos e Aplicações.", **Revista Eletrônica de Iniciação Científica da SBC**, 2002.

NETTO, V. A.; TAHARA, C. S.; PORTO, A. J. V.; GOLÇALVES FILHO, E.V. Realidade virtual e suas aplicações na área de manufatura, treinamento, simulação e desenvolvimento de produto. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, Agosto, v.5, n.2, p. 104-116, ago. 1998.

OLIVA, F. L., SOBRAL, M. C., ISSA JÚNIOR, E. N., NEGRÃO, F. D., FERREIRA, A. A. Sistemas integrados de gestão: Os fatores que facilitam ou dificultam o processo de implementação. In: **III SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2006

ORCIUOLI, A. Representar, Projetar e Construir. Novos paradigmas a partir do desenho por computador. **SIGraDi**, São Paulo, p. 30-32, 2009.

PAN, Z., POLDEN, J., LARKIN, N., VAN DUIN, S., NORRISH, J. Recent Progresson Programming Methods for Industrial Robots. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 28, n.2, p. 87–94, abr. 2012.

PEGDEN, C.D., SHANON, R.E., SADOWSKI, R. P., **Introduction to Simulation Using SIMAN**. 2.ed. NY: McGraw-Hill, 1990

PEREIRA, A. P. A. **Um Método para a Formalização da Manufatura Digital no Planejamento de Processos de uma Fábrica**. Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, 2012. 128p

PMI. **A guide to Project Management Body of Knowledge – PMBOK®**. Pennsylvania, 4 ed., USA (2008).

PORTO, A. J. V.; SOUZA, M. C. F.; RAVELLI, C. A .I, BATOCCHIO, A. Manufatura Virtual: conceituação e desafios. **Gestão & Produção**, v. 9, n. 3, p. 297-312, 2002.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2003, p.76-97.

ROVAL, R. L. **Modelo estruturado para gestão de riscos em projetos: estudo de múltiplos casos**. Tese de Doutorado. Doutorado em Engenharia de Produção. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005, 375 p.

ROYCE, Winston W. Managing the Development of Large Software Systems. In: **IEEE**, 1970.

SCHMIDT NETO, A. A importância da consultoria na implantação de sistemas ERP: um enfoque em médias empresas industriais do Vale do Itajaí e Norte de Santa Catarina. In: **Revista Administração, Contabilidade e Economia**. v. 3, n. 1, p. 31-44, 2004.

SCHUMAN, H., KALTON, G. Survey methods. In: **G. Lindzey & E. Aronson (Eds.)**, Handbook of social psychology. 3 ed., v.1. New York: Random House, p. 635 – 697, 1985.

SENA, C., MIRANDA, I. O., CÂNDIDO, P.P., LACEDA, R., ANDRADE, S.M., PILAR, V., CRUS, A. P. Gerenciamento de Projetos. **Revista Expressão**, n.1, p.22-36, 2011.

SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. **Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences**. 2. ed, New York: McGraw-Hill, 1988.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3 ed., São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, M. C. F., SACCO, M., PORTO, A. J. V. Virtual Manufacturing as a Way for the Factory of the Future. In: **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 17, n. 6, p. 725-735, 2006

TEIXEIRA, R.; PAIVA, E. L. Trade-offs em serviços customizados e o ponto de vista do cliente. In: **Revista de administração contemporânea**. 2008, vol.12, n.2, p. 457-480.

TUBINO, C. F. **Sistemas de Produção**: a produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre: Bookman, 1999.

VIDAL, O. C. **Aplicação do conceito de Fábrica Digital no planejamento de instalações para armação de carroçarias na indústria automobilística**. Dissertação de Mestrado. Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006, 106 p.

VIDAL, O. C.; KAMINSKI, P. C.; NETTO, S. N. Exemplos de aplicação do conceito de Fábrica Digital no planejamento de instalações para armação de carroçarias na indústria automobilística brasileira. **Produto & Produção**, v. 10, n. 1, p. 75 – 84, 2009.

VIEIRA, G. E. Uma revisão sobre a aplicação de simulação computacional em processos industriais. In: **XIII Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, 2006**. 10 p.

VOLPATO, N.; AHRENS, C.H.; FERREIRA, C.V.; PETRUSH, G.; CARVALHO, J.; SANTOS, J.R.L.; SILVA, J.V.L. **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007

WATANUKI, K.; KOJIMA, K. Knowledge Acquisition and Job Training for Advanced Technical Skills Using Immersive Virtual Environment. **Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing**, v.1, n.1, p. 48-57, 2007.

WENZEL, S.; JESSEN, U.; BERNHARD, J. Classifications and conventions structure the handling of models within the Digital Factory. **Computers in Industry**, Holanda, v. 56, n. 4, p. 334-346, 2005.

WILLMANN, C. **Konzeption einer kontextbasierenden Wissensumgebung für die Digitale Fabrik**. Tese de Doutorado. Doutorado de Engenharia Mecânica, Universidade de Kassel. Kassel, 2011, 238p.

YANG, T.; ZHANG, D.; CHEN, B.; LI, S. Research on Plant *Layout* and Production Line Running Simulation in Digital Factory Environment. **Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application**, v. 2, p. 588-593, 2008

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YING, C. F.; FENG, L. J.; HAO, Z. Factory planning and digital factory. In: **International Conference on Audio Language and Image Processing**, p.499-502, 2010.

YUSTOS, H.L.; LAFONT, P.; LANTADA, A. D.; NAVIDAD, A. F.F.; SANZ, J. L. M.; GUIJOSA, J. M.M.;, GARCIA, J. M.; Otero, J. E. Towards Complete Product Development Teaching Employing Combined CAD–CAM–CAE Technologies. **Computer Applications in Engineering Education**, v.18, n.4, p.661-668, 2009.

XAVIER, C. M. S. **Gerenciamento de projetos: como definir e controlar o escopo do projeto**. São Paulo: Saraiva, 2005.

ŽLAJPAH, L. Simulation in robotics. **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 79, p. 879-897, 2008.

ZHOU, Z.; FENG, Y.; RONG, G.; ZHU, F. Virtual Factory Integrated Manufacturing System for Process Simulation and Monitoring. **In: 18th IFAC World Congress**, Milano, Italy, p. 5219 - 5224, Ago. 2011.

ANEXO 01 – Entrevista Inicial – confirmação do problema

- 1) Como a empresa conceitua a Fábrica Digital?
- 2) Quais ferramentas constituem a Fábrica Digital?
- 3) Quais softwares são utilizados pela empresa?
- 4) Quais áreas apresentam domínio destas ferramentas?
- 5) Existe um interesse da empresa em realizar uma investigação sobre os fatores que podem vir a impactar um projeto de Fábrica Digital?

ANEXO 02 – Convite para a participação da pesquisa dos especialistas

Prezado(a) _____,

Convido você a participar de uma pesquisa para identificar os fatores de risco (impactantes) relacionados à implementação de um projeto de Fábrica Digital. Esta pesquisa é direcionada a especialistas que atuam na implementação e manutenção de um projeto de Fábrica Digital. Os fatores de riscos apresentados no questionário foram obtidos a partir de uma revisão da literatura referente à implementação de um projeto de Fábrica Digital. Ao final do questionário também será possível à inserção de fatores que possam não ter sido apontados na literatura, mas apresentam risco para o projeto. O questionário utiliza como escala de avaliação a escala *Likert*.

Para maior compreensão do especialista quanto ao trabalho, abaixo são apresentadas a relevância, necessidade e brevidade do questionário:

Relevância: O questionário em questão é realizado com o intuito de realizar um estudo de caso para o desenvolvimento de uma dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Paraná. O objetivo do trabalho é identificar, selecionar e comparar os fatores que impactam na implementação do conceito Fábrica Digital em uma empresa multinacional do setor automotivo. Este estudo possibilitará a empresa em que o estudo de caso será desenvolvido uma lista com todos os fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital que podem vir a auxiliar na prevenção dos riscos no projeto

Necessidade do estudo de caso: Torna-se indispensável à análise de um processo de implementação através de um estudo de caso, a fim de realizar o levantamento de fatores que podem vir a não ter sido abordados na literatura e também priorizar os fatores de maior risco em um projeto.

Brevidade: Estima-se um tempo de aproximadamente 30 minutos para a resposta do questionário. Os resultados serão divulgados a todos os participantes da pesquisa

ANEXO 03 –Invitation to participate in a research study

Dear _____,

I would like to invite you to participate in a research study to identify risk factors that impact on the implementation of a Digital Factory project. This research study is directed to experts who work in the implementation and maintenance of a Digital Factory project.

The risk factors presented in the questionnaire were identified based on the literature review on the implementation of a Digital Factory project. Please observe that at the end of the questionnaire it will also be possible to insert factors that may not have been identified in literature, but present risks to the project. The questionnaire uses the *Likert* scale as rating scale.

For a better understanding of the experts in relation to this research study, please find below the relevance, necessity and time necessary for the execution of the questionnaire:

Relevance: This research study is carried out in order to perform a case study for the development of a master's thesis of the Master Program in Industrial Engineering from the Federal University of Paraná. The purpose of this study aims in identify, select and compare the factors that impact on the implementation of the Digital Factory concept in a multinational company in the automotive sector. This study will enable the company in which the case study will be developed a list of all factors that impact on the implementation of the Digital Factory and therefore help it on the prevention of these risks in a project of Digital Factory.

Necessity of the case study: The analysis of an implementation process through a case study is essential to conduct the research on factors that may not have been identified in the literature as well as identify the most relevant risk factors on a Digital Factory project.

Time: Approximately 30 minutes are necessary to answer the questionnaire. The results will be disseminated to all participants as soon as it is concluded.

I thank you in advance for your participation and hope the results help you in the future.

Best regards,

Joana Closs Fonseca



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANEXO 04 – Entrevista aplicada no estudo de campo

Data:
Nome do Entrevistado:
Profissão:
Especialidade:
Formação:
Tempo na empresa:
Tempo no Projeto de Fábrica Digital:

1) O conceito de Fábrica Digital adotado neste trabalho é apresentado como um sistema integrado que possibilita melhorar os processos de engenharia de produto e processos. A simulação é apresentada como tecnologia chave deste conceito e pode ser aplicada a modelos virtuais em diferentes níveis e estágios da organização a fim de aperfeiçoar os mesmos. O conceito de Fábrica Digital que a organização adota é o mesmo? Se não, qual o conceito adotado pela empresa?

2) Trata-se de um projeto corporativo?

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ****PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

3) Quais ferramentas constituem a Fábrica Digital na organização?

- ☐ CAD
- ☐ CAM
- ☐ CAE
- ☐ Simulação de processos
- ☐ Simulação de robôs
- ☐ Realidade Virtual
- ☐ Simulação de *Layout*
- ☐ possui alguma outra ferramenta? Quais:

4) Em quais áreas a organização adota a Fábrica Digital?



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

5) As fases de implementação de um projeto de Fábrica Digital em uma organização apresentadas na literatura são apresentadas abaixo:

- 1) Preparação do Projeto
- 2) Definição de processos Futuros
- 3) Configuração do Sistema
- 4) Testes de Validação e Treinamento
- 5) Preparação para go live, go live e suporte

A implementação da Fábrica Digital na organização possui as mesmas fases de implementação? Se sim, em qual fase de implementação encontra-se a empresa? Se não, quais são as fases de implementação da Fabrica Digital que a empresa adota e em qual fase ela se encontra?

6) A Fabrica Digital propicia diversos benefícios à organização. Na literatura foram destacados benefícios como a redução do tempo de lançamento (*time to market*), auxílio na tomada de decisão, redução dos custos de produção, aumento da qualidade, etc. Para a empresa quais são os principais benefícios que a Fábrica Digital possibilita?

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ****PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

7) Durante a implementação do Projeto de Fábrica Digital quais foram os principais fatores de riscos levantados e quais destes fatores apresentam maior impacto nos objetivos do projeto?

8) Existe um critério de classificação para estes fatores no processo de implementação?

9) Quais são as causas para que estes fatores ocorram?



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

10) Em sua opinião, qual o papel da Fábrica Digital para os objetivos estratégicos da organização?



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANEXO 05 – Entrevista aplicada no estudo de campo em inglês

Date:
Name:
Profession:
Qualification:
Area of study:
How long have you been working in the Company?
How long have you been working in the Digital Factory project?

1) The Digital Factory concept adopted for the purpose of this work is an integrated system that enables improvements on the product and process engineering. Simulation is presented as a key technology and this concept can be applied to virtual models at different levels and stages of the organization in order to improve them. The Digital Factory concept adopted by Volkswagen is the same? If not, what is the concept adopted by the company?

2) The Digital Factory is a corporative project?

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ****PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

3) Which simulation tools are used in the Digital Factory project in Volkswagen?

- ☐ CAD
- ☐ CAM
- ☐ CAE
- ☐ Processes simulation
- ☐ Robots simulation
- ☐ Virtual reality
- ☐ Layout planning simulation
- ☐ Are there more simulation tools? In case so, which ones?

4) In which areas of Volkswagen the Digital Factory is adopted?



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

5) According to the bibliography available, the implementation phases of the Digital Factory project are the following:

- 1) Project preparation
- 2) Definition of the future processes
- 3) System configuration
- 4) Testing and validation training
- 5) Preparing to go live, go live and support

The Digital Factory implementation in Volkswagen has the same phases of implementation abovementioned? If so, at what stage of implementation is the company now? If not, what are the stages of Digital Factory implementation that the company adopts and in which phase is the project now?

6) The Digital Factory provides many benefits to the company. In the bibliography available benefits such as reduced time to market, facility in decision making, reduced production costs, increased quality, etc. were highlighted as benefits. For the company what are the main benefits that Digital Factory enables?



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

7) During the implementation of the Digital Factory Project which were the main project risks factors raised and which of these factors have major impact on the project objectives?

8) Is there a classification criteria for these factors in the implementation process?



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

9) What are the reasons for these factors?

10) In your opinion, what is the role of Digital Factory for the organization's strategic objectives?

ANEXO 06 – Procedimento para o preenchimento das respostas do questionário de fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital na empresa A

Procedimento para o preenchimento do questionário:

1) Todos os dados do respondente serão mantidos em sigilo. O objetivo principal do estudo é realizar o real levantamento dos fatores impactantes na implantação do projeto de Fábrica Digital.

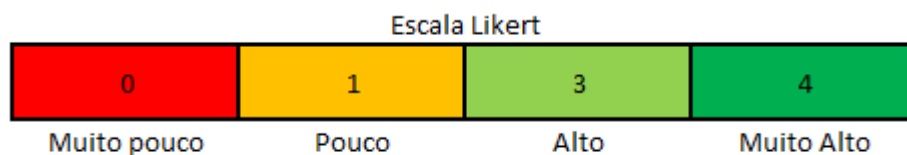
2) O questionário a ser respondido conta com a escala *Likert*. Desta forma o respondente possui como escolha de resposta a escala de 0 a 4, conforme representa a figura abaixo. O conceito de cada valor apresenta-se como:

0: Quando o fator possuir muito pouco impacto na implementação do projeto de Fábrica Digital.

1: O fator apresentar pouco impacto na implementação do projeto de Fábrica Digital.

3: Quando o impacto sobre o projeto for alto

4: Quanto o fator for muito impactante no projeto.



3) Para os itens que apresentem grau de relevância de 3 e 4, favor justificar.

4) Ao final do questionário apresentam-se duas perguntas abertas para a inserção de fatores que não tenham sido apresentados no questionário.

ANEXO 07 – Questionário de fatores que impactam na implementação da Fábrica Digital na empresa de Estudo de Caso

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ				Escala Likert  Muito pouco Pouco Alto Muito Alto	
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO							
Data:							
Nome do Entrevistado:							
Profissão:							
Especialidade:							
Formação:							
Tempo na empresa:							
Tempo no Projeto de Fábrica Digital:							
Categorias de risco		Fatores de risco	Muito Pouco 0	Pouco 1	Alto 3	Muito Alto 4	Resposta
Aspectos Técnicos	1	Conhecimento do usuário quanto aos softwares empregados.					
	2	Necessidade da realização de testes de aceitação do software.					
	3	Versão do software.					
	4	Facilidade de configuração do software.					
	5	Nível de conhecimento dos sistemas legados (Migração dos dados).					
	6	Velocidade operacional do sistema.					
	7	Avaliações técnicas e padrões.					
	8	Gerenciamento de banco de dados.					
	9	Gerenciamento das informações.					
	10	Padrões de dados ou extensões de arquivos diferenciadas.					
	11	Integração das ferramentas, sistemas e dados.					

Gestão de Projeto	12	Documentação da visão do projeto (Planejamento, escopo, objetivos, organização, papéis e responsabilidades).					
	13	Gerenciamento do escopo do projeto (Comitê diretor para avaliar mudanças).					
	14	Estratégia de implementação do projeto (Entrada em operação, suporte).					
	15	Gerenciamento efetivo da mudança ao longo do projeto (Preparação das pessoas para a mudança).					
	16	Acompanhamento nas fases de implementação da Fábrica Digital					
	17	Composição do time do projeto.					
	18	Programa de treinamento (Equipe projeto, equipe suporte e usuários).					
	19	O desempenho do líder do projeto impacta no andamento do mesmo?					
	20	Tamanho e complexidade do projeto.					
	21	Comunicação interna e externa ao projeto.					
	22	Padronização das atividades de planejamento.					
Recursos Humanos	23	Participação e comprometimento do usuário.					
	24	Consenso em buscar o resultado bom o suficiente ao invés do resultado melhor disponível (Por vezes inalcançável).					
	25	Tomadores de decisão capacitados e autorizados (Agilidade nas decisões).					
	26	Confiança entre parceiros do projeto.					
	27	Conhecimento do funcionário quanto aos processos de manufatura, modelagem e representação.					
	28	Capacidade do grupo de aprendizado e aquisição de conhecimentos.					
	29	Aceitação das ferramentas associadas ao projeto.					
	30	Suporte as ferramentas.					
Comunicação	31	Entrega de informações que representem o sistema real para que simulações sejam realizadas com sucesso. Manutenção de sistemas com dados corretos.					

